



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC en San Juan de Lurigancho - 2018

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA CIVIL**

AUTORES:

Gerson Fredy Trinidad Reymundo

Roberth Maycol Chombo Prado

ASESORES:

Dra. María Ysabel García Alvarez

Mgtr. Luis Humberto Díaz Huiza

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño sísmico y estructural

LIMA – PERÚ

2018

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 29
--	---------------------------------------	--

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a), **CHOMBO PRADO, ROBERTH MAYCOL**


Cuyo título es: **"DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA CON SISTEMA ALBAÑILERÍA CONFINADA UTILIZANDO LADRILLOS ECOLÓGICOS LTC EN SAN JUAN DE LURIGANCHO - 2018"**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **12** (número) **DOCE** (letras).

Lima, San Juan de Lurigancho, 10 de Diciembre de 2018



Mgtr. Ing. **ESPIÑOZA SANDOVAL JAIME HEMAN**
 PRESIDENTE



Mgtr. Ing. **RODRIGUEZ SOLIS CARMEN BEATRIZ**
 SECRETARIO



Mgtr. Ing. **DELGADO ORTEGA HENRRY SAUL**
 VOCAL

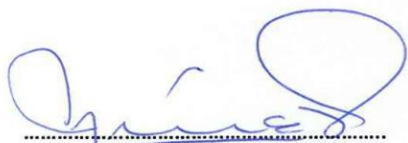
Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

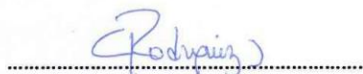
El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a), **TRINIDAD REYMUNDO, GERSON FREDY**
cuyo título es: **“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA CON SISTEMA ALBAÑILERÍA CONFINADA UTILIZANDO LADRILLOS ECOLÓGICOS LTC EN SAN JUAN DE LURIGANCHO – 2018”**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **12 (número) DOCE (letras)**.

Lima, San Juan de Lurigancho, 10 de diciembre de 2018



Mgtr. Ing. ESPINOZA SANDOVAL, JAIME HEMAN
PRESIDENTE



Mgtr. Ing. RODRIGUEZ SOLIS CARMEN BEATRIZ
SECRETARIO



Mgtr. Ing. DELGADO ORTEGA HENRRY SAUL
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

DEDICATORIA

La presente investigación dedicamos a nuestros padres y hermanos por habernos ayudado tanto moral como económicamente, también por habernos dado la mejor enseñanza de la vida, la perseverancia. Este logro es un comienzo gracias a ellos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por la salud ante todo y darnos a unos padres maravillosos. Así mismo a nuestra familia por su incondicional apoyo.

Del mismo modo, expresamos nuestra gratitud

Al Mg. Luis Humberto Diaz Huiza por sus recomendaciones.

A la Dra. Ing. Maria Ysabel García Alvarez, quien nos dio las pautas para el desarrollo del presente producto.

Al Ing. Jesús Meza López por sus sugerencias y por apoyarnos durante el proceso de ensayos a los ladrillos de tierra comprimida.

También, expresamos nuestra gratitud a nuestros profesores y compañeros por compartirnos sus conocimientos y darnos su tiempo con valiosas sugerencias y críticas.

Y a todos aquellos que formaron parte de este producto.

Los autores.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Roberth Maycol Chombo Prado con DNI 71234656, a efecto de cumplir las disposiciones vigentes en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro bajo juramento que todos los datos en información que se presenta en esta tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo establecido en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

San Juan de Lurigancho, 10 de diciembre del 2018



Roberth Maycol Chombo Prado

DNI 71234656

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Gerson Fredy Trinidad Reymundo con DNI 76573329, a efecto de cumplir las disposiciones vigentes en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro bajo juramento que todos los datos en información que se presenta en esta tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo establecido en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

San Juan de Lurigancho, 10 de diciembre del 2018



Gerson Fredy Trinidad Reymundo

DNI 76573329

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del reglamento de la escuela profesional de Ingeniería Civil, presentamos ante ustedes el proyecto titulado: “Diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC en la San Juan de Lurigancho - 2018”, el mismo que sometemos a vuestra consideración, esperando que este producto cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

La presente investigación se ha estructurado en nueve capítulos. En el capítulo I, se presenta la realidad problemática, trabajos previos, teorías relacionado al tema, planteamiento del problema, justificación, hipótesis y objetivos. En el capítulo II se define el diseño de la investigación, operacionalización de variables, población y muestra, técnicas de recolección de datos y método de análisis de datos. En el capítulo III se definió algunos aspectos generales con respecto al proyecto tales como la estructuración, así como la dosificación y obtención de algunas características del suelo utilizado para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC. En el capítulo IV, se presenta los resultados de los ensayos realizados, así como también el análisis y diseño de la vivienda unifamiliar. En el capítulo V, se realiza la discusión de los resultados obtenidos. En el capítulo VI, se presenta la conclusión al que se llega seguido del capítulo VII donde se hace mención algunas recomendaciones, así como sugerencias para futuras investigaciones. En el capítulo VII se adjunta la referencia bibliográfica y finalmente en el capítulo IX se presenta las fichas técnicas de los ensayos realizados, así como las fotografías correspondientes.



Robert Maycol Chombo Prado

DNI 71234656



Gerson Fredy Trinidad Reymundo

DNI 76573329

ÍNDICE GENERAL

PAGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
DECLARACION DE AUTENTICIDAD	vi
PRESENTACIÓN	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
I. INTRODUCCIÓN	20
1.1. Realidad problemática	20
1.2. Trabajos previos	22
1.2.1. Antecedentes Nacionales	22
1.2.2. Antecedentes Internacionales	25
1.3. Teorías relacionadas al tema	27
1.3.1. Edificaciones de albañilería	27
1.3.2. Sistema de albañilería confinada	29
1.3.3. El suelo:	35
1.3.4. Cimentaciones superficiales:	39
1.3.5. Diseño sismorresistente	40
1.3.6. Análisis estructural.	52
1.3.7. Pre-dimensionamiento de elementos estructurales	52
1.3.8. Diseño estructural de muros portantes	57
1.3.9. Control de Fisuración	62
1.3.10. Verificación de la resistencia al corte de la estructura	63
1.3.11. Tipos de falla de albañilería ante un sismo	63
1.3.12. Unidades de albañilería ecológica:	65
1.4. Formulación del problema	66
1.4.1. Problema general	66
1.4.2. Problemas específicos	66
1.5. Justificación del estudio	67

1.5.1.	Justificación teórica	67
1.5.2.	Justificación metodológica	67
1.5.3.	Justificación tecnológica	68
1.5.4.	Justificación económica	68
1.6.	Hipótesis	68
1.6.1.	Hipótesis general	69
1.6.2.	Hipótesis específicas	69
1.7.	Objetivos.....	69
1.7.1.	Objetivo General.....	69
1.7.2.	Objetivos específicos	69
II.	METODOLOGÍA	70
2.1.	Diseño de la investigación	70
2.1.1.	Tipo de investigación	70
2.1.2.	Nivel de investigación.....	70
2.1.3.	Diseño de investigación	71
2.2.	Variable y operacionalización.....	71
2.2.1.	Variable	71
2.2.2.	Operacionalización de variables	71
2.2.3.	Matriz de operacionalización de variables	72
2.3.	Población y muestra.	73
2.3.1.	Población:.....	73
2.3.2.	Muestra:.....	73
2.4.	Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.	73
2.4.1.	Técnicas de instrumentos y recolección de datos.	73
2.4.2.	Instrumento.....	73
2.4.3.	Validez y confiabilidad del instrumento.	73
2.5.	Aspectos éticos.....	74
III.	ASPECTOS GENERALES	75
3.1.	Generalidades.....	74
3.2.	Descripción de proyecto.....	56
3.3.	Normas empleadas.....	56
3.4.	Cargas de diseño.....	56

3.5. Factores de reducción de capacidad de resistencia.....	59
3.6. Propiedades de materiales.....	59
3.7. Estructuración y pre-dimensionamiento.....	59
3.7.1. Muro portante.....	79
3.7.2. Losa aligerada unidireccional.....	83
3.7.3. Losa maciza bidireccional.....	83
3.7.4. Pre-dimensionamiento de viga.....	84
3.7.5. Cimientos.....	85
3.7.6. Columnas.....	85
3.7.7. Escaleras.....	86
3.8.1. Ensayos del suelo a utilizar para la fabricación de unidades.....	87
3.8.2. Fabricación del ladrillo ecológico LTC.....	94
IV. RESULTADOS.....	98
4.1.1. Unidad de albañilería.....	98
4.1.2. Ensayo de absorción en unidades.....	98
4.1.3. Resistencia a compresión unidades.....	99
4.1.4. Ensayo de densidad de ladrillos ecológicos LTC.....	100
4.1.5. Ensayo de variación dimensional en ladrillos ecológicos LTC.....	100
4.1.6. Resistencia a compresión pilas.....	102
4.1.7. Resistencia a corte de muretes.....	105
4.1.8. Análisis por sismo moderado de la vivienda de 3 pisos.....	107
4.1.9. Diseño de albañilería confinada.....	122
4.1.10. Diseño de columnas de confinamiento.....	124
4.1.11. Análisis y diseño de losa maciza.....	149
4.1.12. Análisis y diseño de losa aligerada unidireccional.....	151
4.1.13. Análisis y diseño de losa maciza.....	157
4.1.14. Análisis y diseño escalera.....	157
4.1.15. Diseño de cimentación.....	161
4.1.16. Diseño de columna (C6 - Sala).....	162
V. DISCUSIÓN.....	165
5.1. Ladrillo ecológico LTC.....	165
5.2. Resistencia a compresión axial en unidades (f'_b), compresión en pilas (f'_m) y a compresión diagonal a muretes (V'_m).....	166

5.3.	Mayor fuerza cortante de traslacional, cortante por torsión y cortante de diseño en muros.	167
5.4.	Verificación de agrietamiento diagonal de muros.	167
5.5.	Costo por unidad del ladrillo ecológico LTC.	167
5.6.	Comparación de precios por m ² (construcción y acabado de muros con ladrillos convencionales vs ladrillo ecológico LTC).	168
VI.	CONCLUSIÓN.....	169
VII.	RECOMENDACIÓN.....	171
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	172
IX.	ANEXOS.....	175

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. 1. Muro Laminar.	28
Figura 1. 2. Elementos que conforman el sistema estructural de albañilería confinada.	30
Figura 1. 3. Unidades de albañilería: Ladrillo y bloque.....	31
Figura 1. 4. Ladrillo King Kong de 18 huecos industrial, ladrillo King Kong macizo artesanal y ladrillo Pandereta.....	33
Figura 1. 5. Ladrillo King Kong de 18 huecos industrial con dimensiones generalmente utilizado en proyectos.	35
Figura 1. 6. Asentamiento diferencial en edificaciones	39
Figura 1. 7. Zonas sísmicas del Perú.....	41
Figura 1. 8. Metrado de cargas para el cálculo de la masa.....	47
Figura 1. 9. Desplazamiento en la estructura.	51
Figura 1. 10. Falla por corte en muros.	64
Figura 1. 11. Proceso de fabricación de ladrillos convencionales.	65
Figura 3. 1. Distribución arquitectónica – 1er piso.....	76
Figura 3. 2. Elevación principal.....	77
Figura 3. 3. Distribución de muros portantes en la planta del primer piso	81
Figura 3. 4. Vistas 3D y dimensiones del ladrillo ecológico LTC normal para muro.	87
Figura 3. 5. Vistas 3D inferior del ladrillo ecológico LTC.	87
Figura 3. 6. Curva granulométrica del suelo que se utilizó en la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.....	88
Figura 3. 7. Curva para obtención del límite líquido del suelo que se utilizó en la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.	90
Figura 3. 8. Mezclado de materiales según dosificación para elaboración del ladrillo ecológico.	94
Figura 3. 9. Vista final del ladrillo ecológico de tierra comprimida.....	95
Figura 3. 10. Prensa hidráulica para la presión de las unidades y la mezcladora trompito.	95
Figura 3. 11. Ladrillos ecológicos LTC.	96
Figura 3. 12. Traslado de los ladrillos ecológicos LTC al laboratorio de estructuras.	97
Figura 4. 1. Vaciado de concreto en los alveolos de los muretes.	103
Figura 4. 2. Falla por grietas verticales que atraviesa tanto al ladrillo LTC como al mortero de la pila P3.	104
Figura 4. 3. Falla por corte (grietas diagonales que atraviesan la junta y el ladrillo).	106

Figura 4. 4. Corte puro en muretes (Comentarios norma E.070 Albañilería – Sencico). ...	106
Figura 4. 5. Distribución de áreas tributarias.	108
Figura 4. 6. Irregularidad en planta por esquina entrante.....	117
Figura 4. 7. Fuerzas de inercia en los diferentes pisos.....	119
Figura 4. 8. Sistema de referencia para cálculo de centro de rigidez.....	121
Figura 4. 9. Refuerzo en losas macizas.	151
Figura 4. 10. Vista en planta de la escalera.	157

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. 1. Tipos de unidades de albañilería para su uso en elementos estructurales.	34
Tabla 1. 2. Simbologías de cada tipo de suelo.....	36
Tabla 1. 3. Tipo de edificación para información previa del estudio de suelos	37
Tabla 1. 4. Límite de la distorsión angular.....	38
Tabla 1. 5. Factores de amplificación del suelo, en base al perfil del suelo y la zona sísmica.....	42
Tabla 1. 6. Obtención de periodos en función del perfil de suelo.	42
Tabla 1. 7. Categoría de edificaciones.	43
Tabla 1. 8. Coeficiente de reducción básico (R_o) en función a los sistemas estructurales. .	44
Tabla 1. 9. Factores para irregularidad estructural en planta.	44
Tabla 1. 10. Factores para irregularidad estructural en altura.	45
Tabla 1. 11. Restricciones de irregularidad para algunas edificaciones.	46
Tabla 1. 12. Restricciones de irregularidad para algunas edificaciones.	47
Tabla 1. 13. Valor de CT en función al sistema estructural.	48
Tabla 1. 14. Valor de CT en función al sistema estructural.	51
Tabla 1. 15. Criterios para pre-dimensionamiento de losa aligerada unidireccional.....	54
Tabla 1. 16. Cálculo de fuerzas internas.	59
Tabla 2. 1. Matriz de operacionalización de variables.....	72
Tabla 3. 1. Factores de reducción de resistencia.	78
Tabla 3. 2. Cálculo de densidad de muro en dirección “X” e “Y”.	82
Tabla 3. 3. Criterio para tipo de suelo en función a la capacidad admisible del suelo.	82
Tabla 3. 4. Criterios para pre-dimensionamiento de losa aligerada unidireccional.....	83
Tabla 3. 5. Análisis granulométrico del suelo a utilizar para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.....	88

Tabla 3. 6. Límite líquido del suelo a utilizar para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.	89
Tabla 3. 7. Límite plástico del suelo a utilizar para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.	90
Tabla 3. 8. Clasificación del suelo a utilizar para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC con el sistema de clasificación AASHTO.	92
Tabla 3. 9. Clasificación de grupo del suelo a utilizar para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.	93
Tabla 3. 10. Clasificación de suelo con la carta de plasticidad del suelo.	94
Tabla 4. 1. Resultados de ensayo de absorción a unidades (NTP 399.613:2017).	98
Tabla 4. 2. Resultados del ensayo a compresión de ladrillos ecológicos LTC secas (NTP 399.613:2017).	99
Tabla 4. 3. Resultados del ensayo a compresión de ladrillos ecológicos LTC húmedas (NTP 399.613:2017)	99
Tabla 4. 4. Resultados del ensayo de densidad de ladrillos ecológicos LTC húmedas (NTP 399.613:2017).	100
Tabla 4. 5. Resultados del ensayo de variación dimensional (largo) de ladrillos ecológicos LTC húmedas (NTP 399.613:2017).	100
Tabla 4. 6. Resultados del ensayo de variación dimensional (ancho) de ladrillos ecológicos LTC húmedas (NTP 399.613:2017).	101
Tabla 4. 7. Resultados del ensayo de variación dimensional (altura) de ladrillos ecológicos LTC húmedas (NTP 399.613:2017).	102
Tabla 4. 8. Dimensiones de las pilas sometidas a compresión axial y cálculo de factor de corrección.	104
Tabla 4. 9. Resistencia a la compresión axial de las pilas.	105
Tabla 4.10. Dimensiones y cargas máximas aplicadas a los murete.	106
Tabla 4.11. Resistencia a la compresión diagonal de los muretes.	107
Tabla 4.12. Verificación de muros portantes por carga vertical eje X – 1er Piso	109
Tabla 4.13. Verificación de muros portantes por carga vertical eje Y – 1er Piso	110
Tabla 4.14. Cortantes ante el sismo moderado (Vi) y sismo severo (Vei).	120
Tabla 4.15. Datos geométricos de los muros 1er piso	120
Tabla 4.16. Datos geométricos de los muros 2do piso.	121

Tabla 4.17. Datos geométricos de los muros 3er piso	121
Tabla 4.18. Rigidez en dirección “X”- 1er piso	123
Tabla 4.19. Rigidez en dirección “X”- 2do piso.....	123
Tabla 4.20. Rigidez en dirección “X”- 3er piso	124
Tabla 4.21. Rigidez en dirección “Y”- 1er piso	124
Tabla 4.22. Rigidez en dirección “Y”- 2do piso.....	125
Tabla 4.23. Rigidez en dirección “Y”- 3er piso	125
Tabla 4.24. Cálculo del centro de rigidez de la estructura - 1er piso.....	126
Tabla 4.25. Cálculo del centro de rigidez de la estructura – 2do piso.	126
Tabla 4.26. Cálculo del centro de rigidez de la estructura – 3er piso	127
Tabla 4.27. Cálculo del centro de masa de la estructura – 1er piso.....	128
Tabla 4.28. Cálculo del centro de masa de la estructura – 2do piso.....	129
Tabla 4.29. Cálculo del centro de masa de la estructura – 3er piso.....	129
Tabla 4.30. Cálculo del momento polar de inercia – 1er piso	130
Tabla 4.31. Cálculo del momento polar de inercia – 2do piso	131
Tabla 4.32. Cálculo del momento polar de inercia – 3er piso	131
Tabla 4.33. Cálculo de la cortante de traslación absorbida por cada muro portante en la dirección “X” – 1er y 2do piso	132
Tabla 4.34. Cálculo de la cortante de traslación absorbida por cada muro portante en la dirección “X” – 3er piso.....	133
Tabla 4.35. Cálculo de la cortante de traslación absorbida por cada muro portante en la dirección “Y” – 1er y 2do piso	134
Tabla 4.36. Cálculo de la cortante de traslación absorbida por cada muro portante en la dirección “Y” – 3er piso.....	134
Tabla 4.37. Cálculo de excentricidades y del momento torsor – 1er, 2do y 3er piso	135
Tabla 4.38. Cálculo de incremento de cortantes por torsión – 1er piso.....	137
Tabla 4.39. Cálculo de incremento de cortantes por torsión – 2do piso	138
Tabla 4.40. Cálculo de incremento de cortantes por torsión – 3er piso.....	138
Tabla 4.41. Cálculo de cortantes de diseño en la dirección “X” – 1er piso.	139
Tabla 4.42. Cálculo de cortantes de diseño en la dirección “X” – 2do piso	139

Tabla 4.43. Cálculo de cortantes de diseño en la dirección “X” – 3er piso	140
Tabla 4.44. Cálculo de cortantes de diseño en la dirección “Y” – 1er piso.	141
Tabla 4.45. Cálculo de cortantes de diseño en la dirección “Y” – 2do piso.	141
Tabla 4.46. Cálculo de cortantes de diseño en la dirección “Y” – 3er piso.	142
Tabla 4.47. Resumen de cortantes de diseño por piso ocasionado por un sismo moderado en muros “X”.....	143
Tabla 4.48. Resumen de cortantes de diseño por piso ocasionado por un sismo moderado en muros “Y”.....	143
Tabla 4.49. Diseño de muros portantes verificación (Norma E. 070) Dirección “X” – 1er Piso.....	145
Tabla 4.50. Diseño de muros portantes verificación (Norma E. 070) Dirección “Y” – 1er Piso.....	145
Tabla 4.51. Diseño de columnas y vigas soleras – Parte 1.....	148
Tabla 4.52. Diseño de columnas y vigas soleras – Parte II.....	149
Tabla 4.53. Metrados de cargas para análisis y diseño de losa maciza	150
Tabla 4.54. Metrados de cargas para análisis y diseño de losa aligerada unidireccional.	152
Tabla 4.55. Especificaciones para análisis y diseño de escalera	158
Tabla 4.56. Metrado de cargas tramo inclinado – escalera	159
Tabla 4.57. Metrados de carga para diseño de cimentación.....	163

RESUMEN

Algunos materiales comúnmente utilizados en las construcciones, como por ejemplo los ladrillos convencionales que suelen fabricarse bajo procedimientos contaminantes, para este caso especial el ladrillo es sometido a cocción a altas temperaturas generándose de esta manera la expulsión del dióxido de carbono al ambiente, por lo cual nuestra salud se encuentra expuesta a ella. Así también para el funcionamiento continuo de los hornos se tiende a utilizar la madera, por lo cual esta actividad conlleva a la tala indiscriminada de árboles. Así mismo por la búsqueda de materiales que sean económicamente rentables y ecológicos, en la presente investigación se llegó fabricar unidades de ladrillos a base de tierra, cemento y agua, el cual fue denominado ecológico en vista a que es fabricado bajo presión con la prensa hidráulica a través del molde idealizado y no son calcinados a altas temperaturas como normalmente suele ocurrir con los convencionales.

La unidad elaborada por sus características fue denominada LTC (Ladrillo de tierra comprimida). Así mismo como se vio que poseía buena textura y acabado se decidió someterlo a ensayos de compresión axial (unidades), compresión de pilas, compresión diagonal de muretes, ensayos de absorción, densidad y variación dimensional. Las cuales se utilizaron a manera de ejemplo para el diseño estructural de una vivienda de sistema albañilería confinada de 120 m² de área, ubicada en una zona vulnerable como lo es la urbanización Manco Inca en San Juan de Lurigancho. Es importante aclarar que para que el diseño fuera realizado primero la unidad debió cumplir con los parámetros de aceptación de unidades, establecidas en la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

El objetivo principal planteado fue determinar si la estructura diseñada con sistema de albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para la urbanización Manco Cápac en San Juan de Lurigancho - 2018, era capaz de presentar una respuesta estructural adecuada para los acontecimientos sísmicos de dicha zona.

Palabras clave:

Diseño estructural, albañilería confinada, ladrillo ecológico.

ABSTRACT

Some materials commonly used in buildings such as conventional brick are usually manufactured under polluting procedures, for this special case the brick is subjected to cooking at high temperatures, thus generating the expulsion of carbon dioxide to the environment, which is why our health is exposed to it. So also for the continuous operation of the kilns tend to use wood, so this activity is not opposed to the indiscriminate felling of trees. Also for the search of economically profitable and ecological materials were made brick units based on earth, cement and water, which was called ecological in view that is made under pressure with the hydraulic press.

The unit elaborated by its characteristics was denominated LTC (Brick of compressed earth). Likewise, as it was seen that it had good texture and finish, it was decided to submit it to tests of axial comprehension (units), understanding of piles, diagonal understanding of walls, absorption tests, density and dimensional variation. Which were used as an example for the structural design of a house with a confined masonry system of 120 m², located in a vulnerable area such as the Manco Inca urbanization in San Juan de Lurigancho. It is important to clarify that for the design to be carried out first, the unit had to comply with the unit acceptance parameters, established in the E.070 standard of the National Building Regulations (RNE).

The main objective was to determine if the structure designed with masonry system confined using ecological bricks LTC for the urbanization Manco Cápac in San Juan de Lurigancho - 2018, was able to present an adequate structural response to the seismic events in that area.

Keywords:

Structural design, confined masonry, ecological brick.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La albañilería confinada fue creada por ingenieros italianos después del sismo del año 1908 en Sicilia, e ingresa al Perú después del terremoto de 1940. El estudio a este sistema se inició recién después de algunos ensayos realizados en Estados Unidos (1913) e India (1920). En el Perú los primeros ensayos fueron realizados en los años 70, el cual permitió elaborar nuestro primer reglamento de albañilería en 1982, San Bartolomé (1994).

Este sistema es el más utilizado actualmente en las edificaciones del Perú, aunque generalmente para viviendas, por ello es también conocido como la construcción tradicional. Esta técnica de construir tiene muchas ventajas tales como su carácter antisísmico porque con los elementos que confinan al muro hace que esta sea sólida, para ello debe de haber suficiente densidad de muros para las dos direcciones principales de análisis. Por otro lado, hay estudios extranjeros en las que imparten que algunos materiales empleados en este tipo de construcción tienen un proceso de fabricación contaminante o presentan químicos peligrosos que atentan contra la salud del usuario, en vista a eso desde hace algunos años atrás se viene buscando alternativas que sustituyan a estos materiales. Uno de estos materiales son las unidades de albañilería que son fabricadas bajo procedimientos que contaminan al medio ambiente. En consecuencia, actualmente existen muchas investigaciones en las que se pretende encontrar un nuevo material ecológico el cual sustituya al ladrillo convencional. Para ello, estos los ladrillos deben ser realizados a partir de productos reciclados o deben ser fabricados bajo procedimientos no contaminantes, así mismo deben ser rentables.

La ciudad de San Juan de Lurigancho, está ubicado en el departamento de Lima - Perú, al noroeste de la capital, es el distrito más poblado de la región y tiene aproximadamente 1 091 303 habitantes, su incremento es debido a que las personas vienen desde el interior del país, buscando un mejor futuro dado a la concentración económica en la ciudad. (INEI, 2015), es por ello, que el crecimiento poblacional en dicho distrito genera también un crecimiento directamente proporcional en la

construcción de viviendas y dados a los altos costos que requiere su ejecución con participación de profesionales muchas personas deciden optar por el autoconstrucción, lo cual conlleva a que las edificaciones sean construidas sin ningún criterio técnico.

Por necesidad de tener un lugar donde vivir, los pobladores del distrito adquieren terrenos de grandes variaciones de pendiente dado que la superficie del mismo distrito y departamento no es plana, Así mismo como se mencionó, la mayoría de los propietarios optan por la autoconstrucción en vista a que esto le es económico, sin embargo, los albañiles o maestros de obra contratados cuentan con conocimiento limitado por lo cual se comete muchos errores en el uso de los materiales así como durante el proceso constructivo.

Las municipalidades deben tener como exigencia fomentar la seguridad de las personas según el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), pues estas autoridades son los promotores de la seguridad social. Sin embargo, sucede que hay poca e incluso ninguna supervisión cuando se construye una vivienda; aun cuando si esta cuenta con licencia de construcción, puesto que en este proceso se realiza un pago para la supervisión respectiva. Es por ello que en la mayoría de las construcciones no se ejecuta o plasma los planos aprobados en la municipalidad, incluso no se utilizan los materiales adecuados como lo es por ejemplo el utilizar los ladrillos pandereta (establecido solo para uso en divisiones en zonas 2, 3 y 4 – muros no portantes) en muros portantes, esto por falta de conocimiento (capacitación técnica), a esto, se le suma la falta de dirección técnica, resultando un doble riesgo para los usuarios.

De las viviendas construidas en este distrito, un alto porcentaje lo predomina el ladrillo convencional, puesto que este material está dentro de las posibilidades económicas de las familias, así mismo porque estos presentan variedades de resistencia y ventajas de anti-inflamables y de no ser tóxicos. Aunque algunos investigadores como Ignacio Zabalza (2010) del Centro de Recursos y Consumos Energéticos (CIRSE) de España, mencionan que para fabricar un kilo de ladrillo en dicho país se consume 3.56 megajulios de energía primaria, así como 1.89 litros de agua y más aún emitir a la atmósfera 278 gramos de dióxido de carbono (CO₂), lo

cual es muy perjudicial para la salud y los recursos naturales.

Ante esto es necesario encontrar un ladrillo ecológico, ya sea por sus insumos o por ser fabricado bajo procedimientos ambientales, como el ser elaborado sin emitir carbono al ambiente y de esta manera se implemente una habilidad de cuidar el medio ambiente en la ciudad.

Para el uso de los ladrillos ecológicos en las construcciones de albañilería confinada, primero estos deben cumplir con las resistencias y propiedades físicas mínimas establecidas en la norma E.070 (albañilería) del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Los ladrillos ecológicos ayudaran a disminuir la contaminación ambiental y el costo.

Actualmente existen ladrillos ecológicos que son fabricados para su uso en las edificaciones, sin embargo, al momento aún no se utiliza en el distrito de San Juan de Lurigancho, posiblemente por el poco conocimiento con respecto al comportamiento y resistencia de los ladrillos y bloques ecológicos. Por ello, a continuación, se realizará el diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC. La vivienda debe ser sismorresistente, dado que nos encontramos en un lugar de alta actividad sísmica.

1.2. Trabajos previos

Para el desarrollo de la presente investigación se tomó en consideración investigaciones realizadas tanto a nivel nacional como internacional, las cuales se presentan a continuación.

1.2.1. Antecedentes Nacionales

Según el estudio realizado por Eduardo y Zegarra (2015) “Tabiquería ecológica, empleando totora con revestimiento de yeso o mortero, como técnica de bioconstrucción en la ciudad de Puno”. (El cual fue presentado con el fin de adquirir el título de Ingeniería Civil). Universidad Nacional de Altiplano, mostrando su objetivo general de plantear una tabiquería ecológica utilizando totora con revestimiento de yeso o mortero, con criterios de bioconstrucción, utilizando el tipo de investigación experimental, y llegó a la culminación de que la totora seca muestra

propiedades (densidad, contenido de humedad y porosidad) indicadas para utilizarla como elemento principal en la elaboración de la tabiquería ecológica planteada, como también no requiere de ningún producto químico contaminante para la producción de la tabiquería, así mismo su procedimiento de fabricación no perjudica al medio ambiente.

Dado que para nuestra investigación se utilizará un análisis homogéneo al del sistema albañilería confinada (porque sólo se tratará de sustituir el ladrillo convencional) es necesario conocer algunas investigaciones realizadas que describen el comportamiento de dicho sistema. Como por ejemplo el desarrollado por Cáceres y Enríquez (2017) “Análisis de Costos, Diseño Sismorresistente- Estructural comparativo entre los Sistemas de muros de ductilidad limitada y Albañilería Estructural de un Edificio Multifamiliar”. El cual tuvo como objetivo principal efectuar una comparación de la respuesta de la estructura ante eventos sísmicos de los sistemas de muros de ductilidad y Albañilería estructural de un edificio. El tipo de investigación fue aplicativo, y se llegó a la conclusión de que el sistema de muros de ductilidad limitada (MDL) absorbe una mayor cantidad de la cortante basal generado por los sismos, que los muros portantes de la albañilería confinada, esto a pesar de que los muros se encuentran separados por paños (MDL), ya que si estarían unidos a lo largo del eje “X” y el eje “Y” el cortante de absorción sería mayor. Por lo tanto, se concluyó que los muros de ductilidad limitada presentan una mayor rigidez que los muros de albañilería.

También tenemos en la tesis desarrollada por Santoyo (2015) “Análisis y diseño Estructural comparativo entre el sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada de una vivienda en la ciudad de Lircay”. En esta investigación se planteó dos sistemas, de las cuales se determinó cuál de ellas ofrece una mejor respuesta estructural. Se concluyó que ambos sistemas muestran un adecuado comportamiento estructural ante un movimiento sísmico.

En otras investigaciones como el realizado por Hernández (2012) denominado “Diseño Estructural de un Edificio de vivienda de Albañilería Confinada”. En la cual se planteó analizar un diseño estructural de un edificio ubicado en la ciudad de Lima, dicho proyecto constaría de 5 pisos. Utilizando una

investigación aplicativa, se finalizó que el pre-dimensionamiento estructural se basa a fundamentos teóricos y en experiencias en la construcción, la distribución de los muros tuvo que adecuarse a la geometría en planta para no ocasionar torsión en la estructura ante una actividad sísmica.

En la investigación, realizado por Moreno y Ponce (2017), para obtener sus títulos de profesionales en ingeniería civil, denominado “Características físicas y mecánicas de la unidad de albañilería ecológica a base de papel reciclado en la ciudad de Trujillo” el cual se desarrolló con el objetivo principal de determinar las propiedades físicas y las mecánicas de un ladrillo ecológico que fue creado a partir de cemento - papel reciclado – agua, con una dosificación de 1: 3: 1.5, respectivamente. En la elaboración se usó la prensadora de papel como moldeador del ladrillo, el cual tuvo un secado de 28 días a temperatura de ambiente. Se descubrió que la unidad de albañilería durante el secado reduce sus dimensiones en un promedio de 4.10%, por el cual el ladrillo al final midió 23.11 cm (largo), 12.36 cm (ancho) y 9.79 cm (altura). Finalmente se determinó que el ladrillo solo es aplicable para tabiquería no estructural.

En otras de las investigaciones presentadas para optar el título de ingeniero civil, como el de Rojas & Vidal (2014), de la Pontificia Universidad Católica del Perú, denominado “Comportamiento sísmico de un módulo de dos pisos reforzados y construido con ladrillo ecológicos prensados”. Cuyo fin fue analizar de forma experimental la respuesta sísmica de un material no común. Los bloques ecológicos fueron elaborados a base de suelo arcilloso con 65% de participación, cemento con el 20%, arena fina con el 10% y finalmente el agua con 5%, así mismo previamente fueron tamizados de tal manera que se comprimieran con la prensa hidráulica (Fuerza = 7 Ton.). La resistencia a compresión obtenida del ladrillo fue de 99.5 kg/cm², siendo este equivalente a los ladrillos tipo III según la Norma de Albañilería E. 070 cuya resistencia es de 95 kg/cm², la mencionada norma establece que este puede aplicarse a muros portantes. Por otro lado, al aplicar un sismo equivalente al severo, al módulo de dos pisos construido con dicho material, cuya aceleración fue de 1.3 g, únicamente se hallaron algunas fisuras pequeñas y una ligera torsión sin producirse deslizamiento entre los elementos.

1.2.2. Antecedentes Internacionales

En una indagación realizado por profesores de la universidad de Panamá, Pérez, Pimentell & Hernández (2017), denominado “Diseño y prueba experimental de bloques ecológicos a base de materiales orgánicos e inorgánicos” el cual fue realizado en vista a las recientes problemáticas de contaminación ambiental. El objetivo planteado fue establecer o formular el diseño propio de bloques ecológicos, esto a partir de diseños experimentales para su fabricación. La unidad del bloque presentó las siguientes dimensiones 9.2 cm (ancho), 19.4 cm (largo) y 44.88 cm (alto), así mismo los materiales empleados fueron; cemento portland tipo I (12%), cascara de arroz (12%), plástico PET en cuadritos (5%), papel periódico en cuadritos (6%), envases de tetra pack en cuadritos (6%), piedra pulverizada- gravilla (47%) y agua (12%). En una comparación con la norma panameña se concluyó que su aplicación solo deberá ser para muros no estructurales.

En otra investigación realizada por Aguilar (2017) de la Universidad Nacional Autónoma de México, designado “Fabricación de bloques ecológicos a base de material producto de la construcción”, cuyo objetivo general fue implementar el uso de materiales generados por los desechos de la construcción, para de esta manera reducir el daño hacia el medio ambiente, se determinó que de las excavaciones es de donde se extrae o genera mayor material para eliminar, seguido por los residuos del concreto, la metodología empleada es experimental. La dosificación utilizada fue residuos de excavación (62%), residuos de tala (4%), R. C. solo cementantes 1/4" (17%), R. C. solo cementantes 3/8" (17%), agua-murciélagos de nopal (20%). Por otro lado, se definió que estos son una alternativa adecuada porque cumplen con los parámetros de calidad establecido en la norma mexicana. La resistencia a compresión varió desde los 45 a 65 kg/cm² y la absorción varía desde el 62% al 81%, dichos valores superan a los máximos permisibles en la norma mexicana para muros exteriores e interiores.

Por otro lado, Cabo en 2011 desarrolló una investigación titulada “Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción”. La cual tuvo como objetivo principal el desarrollo de nuevas unidades de albañilería ecológico mediante

un adecuado procesamiento de residuos como el cultivo de arroz. La fabricación se realizó con poca energía, el cual permitió un ahorro económico. La investigación consistió en un diseño experimental y llegó a la conclusión de que la elaboración de ladrillos con arcilla, cal hidráulica natural y cenizas de cascara de arroz crean un material de mampostería con excelentes propiedades mecánicas, por eso sirve como material portante. Por otra parte, el ecoladrillo estudiado estaría más destinado a tabiquería interna, porque, aunque su resistencia merma ligeramente posee excelentes ventajas como su baja densidad y se prevé como buen aislante.

En otra investigación realizada por Rojas & Aquino en 2015 denominada “Eco-ladrillos con base en residuos de construcción”, dicho proyecto fue presentado con la finalidad de obtener el título de Maestría en la Universidad Nacional Autónoma de México. La investigación tuvo como principal objetivo encontrar un ladrillo a base de materiales extraídos de las demoliciones, así mismo que este cumpla con los parámetros establecidos en la norma mexicana para su implementación en las obras civiles, para ello se utilizó el tipo de investigación experimental. En la fabricación de los ladrillos se usó residuos triturados provenientes de las demoliciones, con la inclusión de agua y la utilización como aditivo del mucílago de nopal, al inicio se trabajó 55 unidades, las cuales eran de 11 distintas mezclas analizadas. En los ensayos realizados la mayoría superó una resistencia a compresión de 30 kg/cm², a la cual la norma mexicana lo clasifica para uso no estructural, sólo el 50% de la muestra analizada superó los 60 kg/cm², por lo tanto, la norma establecida para dicho país permite para uso estructural. En cuanto a la absorción del agua, las unidades sólo absorbieron 0.8 gramos por minuto, siendo casi la sexta parte que requiere la norma, aunque mencionan que se podría mejorar agregando arcilla. El secado de las unidades se hizo 20 días en ambiente normal y 5 días en un desecador fabricado por las mismas investigadoras. Por otro lado, se descubrió que este material es bueno para aislar la temperatura, así mismo, ayuda a reducir la contaminación de los residuos de la construcción y finalmente la compra por unidad de ladrillo o por metro cuadrado es menor al del ladrillo convencional.

Chimbo en 2017 realizó un estudio nombrado “Análisis de la resistencia a la compresión de ladrillos prensados interconectables elaborados de barro, cangahua y puzolana, con adiciones de cemento, cumpliendo la norma ecuatoriana de la

construcción (NEC 2015)”, el cual fue presentado con la finalidad de adquirir el título de Ingeniería Civil en la Universidad Técnica de Ambato. La investigación tuvo como objetivo principal brindar resultados de comprensión de ladrillos prensados interconectables hecho de barro, cangahua y puzolana proporcionando diferentes porcentajes de cemento. El tipo de investigación fue experimental. Se realizaron ensayos variando las cantidades de cemento en porcentaje 10%, 15%, y 20%, así mismo el curado de los ladrillos consistió en saturar las unidades con agua tres veces al día durante tres días y luego dejarlo secar a la intemperie. Se determinó que los ladrillos cuya dosificación empleada involucra el 15 % de cemento, mezclada con barro y cangahua (roca sedimentaria de origen volcánico) superan a las resistencias mínimas a compresión (30 kg/cm², para muros de mampostería confinada y 20 kg/cm² para ladrillos artesanales).

En las investigaciones presentadas se puede apreciar que es posible fabricar ladrillos ecológicos y que las unidades ecológicas pueden poseer buena resistencia a la compresión y tener características similares al de los ladrillos convencionales.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Edificaciones de albañilería

1.3.1.1. Concepto

Las edificaciones de albañilería son estructuras donde fueron empleadas básicamente elementos estructurales que conforman la albañilería armada y la albañilería confinada, las cuales son vigas, columnas, muros, pilastras, etc. Generalmente en estos sistemas los elementos muros son los que trabajan estructuralmente, es decir que resisten las solicitaciones verticales (carga viva y muerta) y solicitaciones horizontales (vientos y sismos). En los muros son empleados unidades de tierra cruda (Adobe, E.080), de arcillas, sílice-cal o de concreto, las cuales son adheridas con mortero cuya elaboración es a base de cemento, arena, aditivos, cal, yeso y agua (Albañilería, E.070).

1.3.1.2. Clasificación de la albañilería.

Según San Bartolomé (1994), la albañilería puede clasificarse por su función estructural (muros portantes y muros no portantes) y por la distribución de refuerzos (muros no reforzados o albañilería simple y muros reforzados).

➤ **Por su función estructural**

- a) **Muros portantes:** también conocidos como muros de carga cuya función es soportar las solicitaciones permanentes (cargas vivas y muertas) y eventuales (sismo y viento).
- b) **Muros no portantes:** Son elementos que no trabajan con las cargas verticales, sino más bien son diseñados para soportar cargas perpendiculares a su plano tales como el viento y el sismo. Su uso es para divisiones de ambientes en una edificación, o también en cercos, parapetos, etc.

➤ **Por la distribución de refuerzos.**

- a) **Muros no reforzados:** Conocido como albañilería simple, los muros escasean de refuerzos, por ello cual la norma establece que solo deben emplearse para edificaciones de 1 piso.

San Bartolomé (1994), sostiene que una de las cosas vitales para este sistema es que sea cimentada sobre suelos de buena calidad, porque la albañilería es frágil ante los asentamientos diferenciales.

b) **Muros reforzados:**

- 1. **Muros laminares:** Constituido por una placa delgada de concreto en el intermedio de dos muros de albañilería, es por ello también que se le conoce como “Sandwich”.

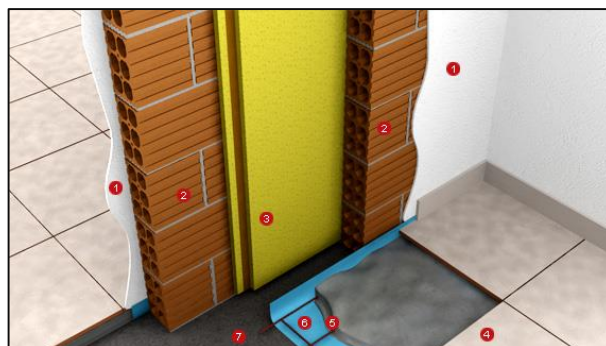


Figura 1. 1. Muro Laminar.

Según San Bartolomé (1994), menciona que en una investigación realizado por el ingeniero Gallegos utilizando ladrillos silicos-calcáreos se demostró que este tipo de muros posee un buen comportamiento elástico, sin embargo hace mención que una vez el elemento placa entre al agrietamiento diagonal tiende a sufrir falla frágil.

- 2. Muros Armados:** Los muros llevan refuerzo en su interior, el cual generalmente es uniforme tanto a lo largo como a la altura del muro, para lo cual las unidades de albañilería deben de tener alveolos. El diámetro de los aceros es dependiendo a la fuerza horizontal que se desea contrarrestar.
- 3. Muros confinados:** Se caracteriza por estar confinado rodeado en sus perímetros por elementos de concreto armado, este sistema es el más usado en el Perú, por su bajo costo económico.

1.3.2. Sistema de albañilería confinada

1.3.2.1. Concepto

A. Albañilería confinada

Es un tipo de construcción que generalmente son empleados para las edificaciones de viviendas, dado que sus ambientes son pequeños, sus principales elementos estructurales son; las columnas de amarre, vigas, muros, losa, y cimiento (Manual de Construcción para Maestros de Obra, s.f., p. 7).

La albañilería confinada es un sistema estructural que está compuesto por 4 elementos, las cuales son: la unidad de albañilería, el mortero, el acero y el concreto. (Abanto, 2017).

El mortero está compuesto por arena, agua y cemento o cal, que sirven para aparejar ladrillos entre sí, u otros elementos. Martiniano (2011), sostiene que el mortero es un material que ayuda a unir los ladrillos, de tal manera que así se forme una estructura que ayude a soportar esfuerzos horizontales y verticales. Por lo tanto,

es necesario saber dosificar los materiales. Según Black & Decker, una buena mezcla es esencial para realizar un trabajo correcto, una de las maneras de verificar de forma práctica es quedándose en su mano cuando la aprieta, ello conllevará a suponer que la humedad es perfecta. Si la mezcla está muy seca, será difícil aplicarla y el muro o elemento no tendrá una apariencia parejo y liso. Caso contrario si la mezcla está con mucha agua se caerá del palustre y posteriormente puede causar grietas y otros defectos en la superficie del elemento.

En cuanto al concreto, Ottazzi, menciona que es un material pétreo artificial, que se obtiene mediante la proporción de la mezcla de agregados gruesos y finos, así como la incorporación de cemento y agua. Pérez (2010), recomienda que para las mezclas y los curados del concreto se debe utilizar agua sin contaminación, es decir, sin materiales orgánicos, sales o cloruros, sulfatos y aceites, porque estos reducen la resistencia del concreto, así mismo sostiene que debe desecharse el agua turbia, con olor o sabor desagradable.

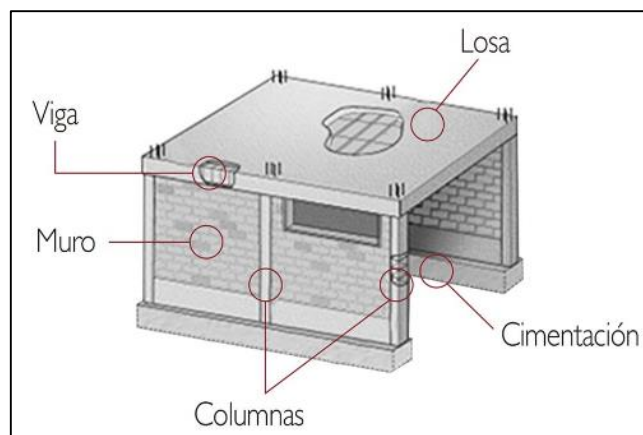


Figura 1. 2. Elementos que conforman el sistema estructural de albañilería confinada.

La norma E.070 establece que las unidades de albañilería a las que hace mención son: el ladrillo y el bloque; cuya diferencia es que en obra los ladrillos pueden ser manipulados con una sola mano (por su peso y sus dimensiones); mientras los bloques son todo lo contrario dado que requieren necesariamente la utilización de las dos manos para manipularlas.



Figura 1. 3. Unidades de albañilería: Ladrillo y bloque.

San Bartolomé, Quiun y Silva (2011), sostienen que los ladrillos son empleados en las edificaciones con sistema albañilería confinada y sus dimensiones generalmente son 11 – 14 cm (ancho), 23 – 29 cm (largo) y 6 – 9 cm (alto), así mismo mencionan que los bloques de albañilería son empleados en edificaciones de sistema albañilería armada, cuyas dimensiones para bloques contruidos de concreto son: 14 o 19 cm (ancho), 19 o 39 cm (largo) y 19 cm (alto). Por otro lado, consideran que el peso de los ladrillos va desde 3 hasta 6 kilogramos, mientras que de los bloques pueden variar desde 12 hasta 20 kilogramos.

En las viviendas construidas con este sistema o técnica de construcción, la unidad de albañilería usualmente empleada es el ladrillo de arcilla cocida.

La albañilería alcanza la ductilidad por las columnas y vigas de confinamiento, a su vez estos elementos de concreto armado sirven como arriostre para los muros cuando ejercen fuerzas laterales paralelo al plano de mayor longitud, para ello los muros portantes deben ir anclados de forma dentada (máx. 5 cm) así como también ser vaciados una vez aparejado el muro.

Generalmente cuando no exista el dentado en el anclaje muro (portante) – columna, se suele utilizar varillas de refuerzos horizontales.

B. Columnas

Según Morales (2016) nos define que una columna es un elemento estructural que trabaja en compresión, y transmiten las cargas horizontales y verticales a la cimentación, así mismo, debido a su posición en el sistema estructural también trabaja de manera a flexión, corte y torsión. Uno de fenómenos que suele ocurrir en las columnas es el pandeo llamado también inestabilidad elástica, el cual de acuerdo a Riddell e Hidalgo, ocurre cuando una columna en un inicio perfectamente recta, y axialmente cargada pierde la rectilínea fletándose lateralmente. La carga que ocasiona esa deformación lateral es la carga crítica de pandeo (P_{cr}), así mismo

sabemos que cuando se aumenta la deformación lateral después de haber iniciado el pandeo, la carga crece de manera lenta ($P=P_{cr} + \Delta P$), es decir que ocurre grandes deformaciones con incrementos pequeños de cargas, de seguir creciendo la deformación lateral, este involucra a una aumento de tensiones por flexión, lo cual conlleva definitivamente a la falla del material de la sección y posteriormente al colapso del elemento.

C. Vigas

Según Ortega (2014), nos dice que es un elemento estructural que tiene que soportar diferentes tipos de cargas y debe ser capaz de asumir fuerzas internas, tales como flexión, torsión, fuerza axial y cortante.

D. Muros portantes

Según Abanto (2013), nos indica que es un elemento estructural que soporta las cargas verticales, de manera que trabaja a compresión, sin embargo, ante un sismo también debe soportar los esfuerzos cortantes, tracción y compresión.

E. Muros no Portantes

Según Abanto (2013), nos define que los muros no portantes son aquellas que no son elementos estructurales, es decir que no trabajan con solicitaciones verticales, sino que aguantan su mismo peso y trabajan a las solicitaciones horizontales. Su uso generalmente es para separar ambientes.

F. Losas Aligeradas

Según Abanto (2013), Es aquella que se utiliza para disminuir el peso de la estructura y aumentar el espesor para dar una mejor rigidez transversal. Estas losas aligeradas se pueden trabajar de manera rígida o flexible.

G. Losas Maciza

Según Ramirez, Mejia & Valdez (2011), Es aquella que contiene mezcla de concreto y varillas de acero y se apoya en las vigas, de tal forma le transmite su carga dichas vigas y a las columnas. Los refuerzos se colocan en dos direcciones ortogonales para resistir los momentos, aunque esto dependerá si es una losa maciza unidireccional o bidireccional.

H. Cimentación

Según Crespo (2011) nos indica que la cimentación se encarga de transmitir todas las cargas al terreno, obtenidas de los elementos apoyados en ella, por lo tanto, en el

diseño debe evitarse que no supere su presión admisible, porque así se evitaría asentamientos.

1.3.2.2. Usos de las unidades de albañilería en las 4 zonas sísmicas del Perú.

La norma E.070 establece que las unidades de albañilería pueden ser sólidas, huecas, tubulares o alveolares, las cuales pueden ser fabricadas de manera industrial y/o artesanal.

Martínez (2012), recalca que las unidades de ladrillo pueden ser fabricadas de manera industrial o artesanal y serán aplicadas en zonas según describe la norma E.070.



Figura 1. 4. Ladrillo King Kong de 18 huecos industrial, ladrillo King Kong macizo artesanal y ladrillo Pandereta.

Las unidades de albañilería a usar en un diseño estructural, deben estar clasificadas en la norma E. 070 de acuerdo a su resistencia, alabeo y variación dimensional.

Tabla 1. 1.

Tipos de unidades de albañilería para su uso en elementos estructurales.

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACION DE LA DIMENSION (maxima en porcentaje)			ALABEO (maximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERISTICA A COMPRESIÓN f'b minimo en Mpa (kg/cm2) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Mas de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 8	8	2.0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes.

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E.070.

1. Albañilería sólida.

Según la norma los ladrillos King Kong de 18 huecos industrial y en las cuales la superficie de orificios no supera el 30% del área a asentar (diámetro de orificio 2.50 cm como máximo), serán empleados en muros portantes en las zonas sísmicas 1, 2, 3 y 4.

“Los muros portantes le proporcionan la fortaleza y la solidez necesarias a una vivienda, es decir, la vuelven más resistente” (Manual de construcción para maestros de obra, S.f., p. 10).



Figura 1. 5. Ladrillo King Kong de 18 huecos industrial con dimensiones generalmente utilizado en proyectos.

Para el ladrillo King Kong macizo elaborado de manera artesanal, la norma menciona que solo debe aplicarse en muros portantes para construcciones en la zona sísmica 1.

2. Unidad de albañilería hueca.

Son ladrillos que tienen orificios mayores al 30% en la cara del asentado, este tipo de materiales solo puede aplicarse a la zona sísmica 1 para muros portantes y en el resto de las zonas se utilizará para divisiones (muros no portantes).

3. Unidad de albañilería Pandereta.

De acuerdo a la E.070 estas unidades serán aplicables a muros portantes para la zona sísmica 1 hasta 2 pisos como máximo, así mismo se utilizará para muros no portantes en las zonas sísmicas 2, 3 y 4.

1.3.3. El suelo:

“El suelo en Ingeniería Civil, son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas, fruto de la alteración de las rocas o suelo transportados por agentes como el agua, hielo o viento con contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva, y que pueden tener materia orgánica, El suelo es un cuerpo natural heterogéneo” (Duque & Escobar, 2002, p. 3).

El suelo se forma por la descomposición de la roca madre, en el cual dicha descomposición está a en función de los microorganismos existentes en la zona, la vegetación, el clima y el viento.

1.3.3.1. Clasificación de suelos para efectos de diseño:

Método - Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Esta metodología fue presentada por Arthur Casagrande para una adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto anteriormente (1942) para aeropuertos. Se identifica a los suelos de partículas gruesas y finas mediante el cribado por la malla N° 200, son suelos gruesos si más del 50% del material quedan retenidos y son finos si más del 50% pasan dicha malla (Crespo, 2004, p. 88).

Tabla 1. 2.
Simbologías de cada tipo de suelo.

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO		DESCRIPCIÓN	
		SUCS	GRÁFICO		
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA GRADUADA	BIEN
		GP		GRAVA GRADUADA	MAL
		GM		GRAVA LIMOSA	
		GC		GRAVA ARCILLOSA	
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA GRADUADA	BIEN
		SP		ARENA GRADUADA	MAL
		SM		ARENA LIMOSA	
		SC		ARENA ARCILLOSA	
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD	
		CL		ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD	
		OL		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD	
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	MH		LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD	
		CH		ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD	
		OH		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD	
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS.	

Fuente. Reglamento Nacional de Edificaciones E.050.

1.3.3.2. Estudio de suelo:

La norma E.050 menciona que el estudio de mecánica de suelos está en base al metrado de cargas estimadas de la estructura. Así también la información obtenida de los ensayos es solamente aplicable para el área estudiada. Por otro lado, establece que antes de realizar las calicatas respectivas para cada estudio se debería de contar con información previa, tales como:

Información del terreno:

Para registrar y realizar el trazo de las calicatas se deberá de contar con planos de ubicación y acceso, así como también con el plano topográfico y la situación legal del terreno. Para el caso de plano topográfico solo es aplicable cuando la pendiente del terreno supera el 5%, de lo contrario bastará con un levantamiento planimétrico.

Información de la obra:

Se deberá de presentar información acerca del proyecto a realizar como el área aproximada de construcción, los niveles de piso terminado, número de pisos y sótanos de la futura edificación, así como también el tipo de estructura y la distancia que este presentará entre apoyos.

Tabla 1. 3.

Tipo de edificación para información previa del estudio de suelos

TIPO DE EDIFICACIÓN					
Clase de estructura	Distancia mayor entre apoyos (m)	Número de pisos (incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	>12
Aporticada de acero	<12	C	C	C	B
Portico o muros de concreto	<10	C	C	B	A
Muros portantes de albañilería	<12	B	A	---	---
Bases de maquinas y similares	cualquiera	A	----	---	---
Estructuras especiales	cualquiera	A	A	A	A
Otras estructuras	cualquiera	B	A	A	A
* Cuando la distancia se sobrepasa la indicada, se clasificá en el tipo de edificación inmediato superior					
Tanques elevados y similares	≤ 9 m de altura	> 9 m de altura			
	B	A			

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.

Así también debe de informarse sobre las antiguas construcciones en el terreno estudiado y sobre los terrenos colindantes. La profundidad mínima de las calicatas es de 3 m (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016).

El propósito del estudio de suelos es obtener información que ayude al ingeniero estructural a:

- Definir el tipo de cimentación, así como la profundidad de este.
- Verificar la capacidad de carga que tiene el cimientto.
- Estimar los probables asentamientos que tendrá la estructura.

- d) Determinar si las edificaciones requieren refuerzos en los cimientos, así como uso de calzaduras.

1.3.3.3. Análisis de condiciones para efectos de diseño de la cimentación:

A. Cargas a emplear

- i. **Para factor de seguridad de cimentaciones:** Se utilizarán las cargas usadas para el diseño de las columnas del piso más inferior de la edificación (CM + CV + Carga sísmica (Q)).
- ii. **Para asentamientos de las cimentaciones que se apoyarán encima de suelos granulares:** se utilizará la mayor carga vertical, es decir (Carga muerta (CM) + Carga viva (CV) + Carga sísmico (Q)).
- iii. **Para asentamiento en suelos cohesivos:** Se utilizará 100% de la carga muerta (CM) + 50% de la carga viva (CV).
- iv. **Para asentamientos:** para edificios que lleven sótanos y en las que se pretende utilizar losas de cimentación se restará de la carga máxima de la edificación (CM + CV + peso propio de la losa de cimentación) el peso extraído de la excavación del suelo para la construcción del sótano.

B. Asentamiento tolerable:

Según la norma E.050 no debe ocasionar una distorsión angular mayor a la indicada en la siguiente tabla.

Tabla 1. 4.
Límite de la distorsión angular.

DISTORSIÓN ANGULAR = α	
$\alpha = \delta/L$	DESCRIPCIÓN
1/150	Límite en el que se debe esperar daño estructural en edificios
1/250	Límite en que la pérdida de verticalidad de edificios altos y
1/300	Límite en que se debe esperar dificultades con puentes gruas.
1/300	Límite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes.
1/500	Límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas.
1/500	Límite para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas.
1/650	Límite para edificios rígidos de concreto cimentaciones sobre un solado con espesor aproximado de 1.20 m
1/750	Límite donde se esperas dificultades en maquinaria sensible a asentamientos.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E. 050

Para el caso que se tenga suelos granulares, el asentamiento diferencial puede tomarse como el 75% del asentamiento total.

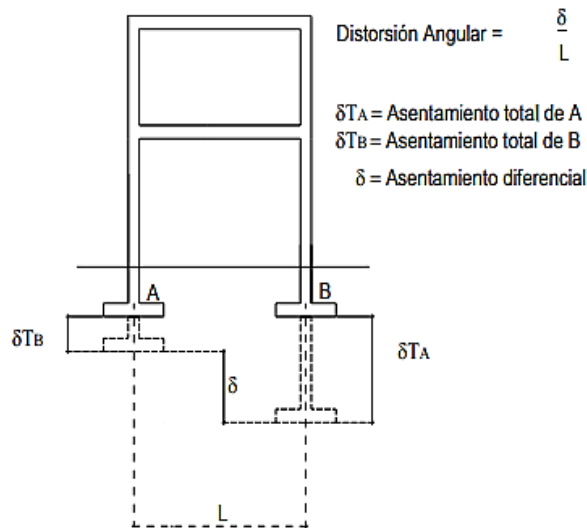


Figura 1. 6. Asentamiento diferencial en edificaciones

C. Capacidad de carga del suelo.

Se define como aquella carga al ser aplicada no provoque daños en la estructura. Esta capacidad de carga depende del tipo de cimentación y del factor de seguridad utilizado. Las fallas (falla por corte general, por punzonamiento y por corte local) que se presenta por capacidad de carga es debido a la rotura por corte del suelo (Nij, 2009).

El ángulo de fricción interna será cero para suelos cohesivos (arcilla, arcilla limosa y limo-arcilla).

La cohesión será cero para suelos friccionantes (grava, arena y grava arenosa).

El factor de seguridad frente a la falla por corte será 3 para cargas estáticas y 2.5 para cargas máximas de sismo o viento.

1.3.4. Cimentaciones superficiales:

Según William y Van (2013), la cimentación superficial se encarga de transmitir las fuerzas en el suelo que lo da los elementos estructurales.

La relación profundidad/ancho ≤ 5 .

Las cimentaciones superficiales lo conforman, las zapatas, cimientos corridos y plateas de cimentación.

“Una zapata es una ampliación de la base de una columna o muro, que tiene

por objetivo transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo. Las zapatas que soportan una sola columna se llaman individuales o zapatas aisladas. La zapata que se construye debajo del muro se llama zapata corrida o zapata continua. Si una zapata soporta varias columnas se llama zapata combinada. Una forma especial de zapata combinada que se usa comúnmente en el caso muro exterior es la zapata en voladizo o cantiliver [...]”. (Peck, 2011, p. 221).

De acuerdo a la norma E.050, la profundidad mínima de cimentación para zapatas y cimientos corridos será de 0.80 m, mientras para las plateas es de 0.40 m.

1.3.4.1. Cimentación corrida:

Según Peck (2012), la cimentación corrida es un sistema estructural que soporta las cargas verticales de las columnas, muros, etc.

“Para el cimiento, la mezcla del concreto ciclópeo tiene una proporción de 1:10 (1 cemento y 10 hormigón) + 30% de piedra grande; y para el sobrecimiento, la dosificación de la mezcla es de 1:8 (1 cemento y 8 hormigón) + 30% de piedra mediana” (Cismid, 2004, p. 11).

1.3.5. Diseño sismorresistente

1.3.5.1. Zonificación:

El Perú actualmente está dividido en 4 zonas sísmicas, las cuales fueron definidas en base a la sismicidad observada en el país.

El cuadro mostrado en la parte inferior izquierda de figura 07, se interpreta como la máxima aceleración horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años (RNE - E.030, 2016).



Figura 1. 7. Zonas sísmicas del Perú.

1.3.5.2. Perfiles de suelo para efectos de diseño:

La norma técnica E. 030 lo clasifica en 5 tipos.

- Perfil S_0 : Roca dura; correspondiente a las rocas sanas (con velocidades de ondas de corte > 1500 m/s).
- Perfil S_1 : Roca o suelos muy rígidos; correspondiente a las rocas con diferente intensidad de fracturación (con velocidades de onda de corte $500 - 1500$ m/s).
- Perfil S_2 : Suelos Intermedios; correspondiente a superficies medianamente rígidos (cuyas velocidades de onda de corte son $180 - 500$ m/s).
- Perfil S_3 : Suelos blandos; correspondiente a suelos flexibles (con velocidades de onda de corte ≤ 180 m/s).
- Perfil S_5 : Condiciones excepcionales; correspondiente a suelos excepcionalmente flexibles, solo se considera cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) lo establece.

1.3.5.3. Parámetros de sitio (S, T_P y T_L)

Donde

S = factor de amplificación del suelo.

T_P = Periodo que determina la plataforma del factor “C”

T_L = Periodo que determina el inicio de la zona del factor “C” con desplazamiento constante.

Tabla 1. 5.

Factores de amplificación del suelo, en base al perfil del suelo y la zona sísmica.

FACTOR DE SUELO "S"				
Suelo Zona	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E. 030.

Tabla

1. 6. *Obtención de periodos en función del perfil de suelo.*

PERIODOS "Tp" Y "TL"				
Perfil de suelo				
	S0	S1	S2	S3
T_P (s)	0.3	0.4	0.6	1.0
T_L (s)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E. 030

1.3.5.4. Factor de amplificación sísmica “C”

Se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración del suelo.

A partir de los datos que se obtendrán de las tablas 5 y 6 se calculará C con las expresiones mostradas a continuación. Para ello es necesario conocer el periodo fundamental de vibración de la estructura (T).

$$T < T_P \quad \leftrightarrow \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad \leftrightarrow \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_P}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad \leftrightarrow \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$$

1.3.5.5. Factor de uso o categoría de la edificación

Todas las estructuras deben de ser clasificadas en base a la importancia de estas. En los cuadros siguientes se muestran las categorías con sus respectivos factores.

Tabla 1. 7.

Categoría de edificaciones.

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
	<p>A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud .</p> <p>A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. 	Ver nota 1
A Edificaciones especiales	<p>- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</p> <p>Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</p> <p>Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</p> <p>Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</p>	1,5
B Edificaciones importantes	<p>Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.</p> <p>También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.</p>	1.3
C Edificaciones comunes	<p>Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.</p>	1.0
D Edificaciones temporales	<p>Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.</p>	Ver nota 2

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E.030

1.3.5.6. Coeficiente básico de reducción (Ro).

La norma establece que cuando se realiza el análisis y la estructura presenta más de un sistema estructural se trabajará con el menor.

Para el caso de albañilería confinada $R_o = 3$.

Tabla 1. 8.

Coeficiente de reducción básico (Ro) en función a los sistemas estructurales.

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico Ro (*)
Concreto Armado:	
Porticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductibilidad limitada	4
Albañilería Armada o confinada.	3
Madera(por esfuerzos admisibles).	7

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E. 030

(*) La norma establece que estos coeficientes solo son aplicables para estructuras cuyos elementos permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad.

1.3.5.7. Regularidad estructural.

Bazan y Meli (2016), sugieren que la planta arquitectónica debe ser asimétrico para evitar momentos torsionales de la edificación a causa de del sismo.

a. Estructuras Irregulares.

i. Irregularidad en planta (Ip):

Cuando la estructura a analizar presenta irregularidad en planta tomará los siguientes factores de reducción.

Tabla 1. 9.

Factores para irregularidad estructural en planta.

<u>Irregularidad estructural en planta</u>	<u>Factor de irregularidad I_p</u>
Irregularidad Torsional:	
Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}).	0.75
Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible.	
Irregularidad Torsional Extrema (*)	
Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{Prom}).	0.60

Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible.

Esquinas Entrantes:

La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta. 0.90

Discontinuidad del Diafragma:

La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma.

También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta. 0.85

Sistemas no Paralelos:

Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso. 0.90

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E.030

ii. Irregularidad en altura (Ia):

Cuando la estructura a analizar presenta irregularidad en sus diferentes pisos tomará los siguientes factores de reducción.

Tabla 1. 10.

Factores para irregularidad estructural en altura.

<u>Irregularidad estructural en altura</u>	<u>Factor de Irregularidad I_p</u>
<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando:</p> <p>Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales podrán calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p>	0.75
<p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil:</p> <p>Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez (*):</p> <p>Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales podrán calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p>	0.50

Irregularidad Extrema de Resistencia (*):

Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Irregularidad de Masa o Peso:

Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado $CM + \%CV$, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos. 0.90

Irregularidad Geométrica Vertical:

La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos. 0.90

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes:

Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento. 0.80

Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (*):

Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total. 0.60

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E.030

(*) Son irregularidades que son restringidas para las edificaciones en algunas zonas, esto por la importancia de ellas.

Tabla 1. 11.

Restricciones de irregularidad para algunas edificaciones.

CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E.030

b. Estructuras Regulares.

Son estructuras que en su configuración son resistentes a cargas laterales no presentan irregularidades mencionadas en las tablas 1.9 y 1.10 para estos casos la I_p y I_a será igual a 1.

1.3.5.8. Estimación de peso.

Para el análisis de las estructuras el peso será estimado tomando la totalidad de la carga muerta, más un porcentaje de carga viva (sobrecarga).

Gasch y Gasch (2006), manifiestan que la sobrecarga es el peso quien gravita en la edificación, como las personas, materiales almacenadas, etc.

Según la norma el porcentaje de la carga viva será en función de la importancia de la edificación.

Tabla 1. 12.

Restricciones de irregularidad para algunas edificaciones.

Categoría y tipo de estructuras	Porcentaje de carga viva
Categoría A y B	50%
Categoría C	25%
En depósitos	80%
En azoteas y techos	25%
En tanques, silos, etc.	100%

Fuente: Elaboración propia.

➤ Metrado de cargas para análisis.

Para calcular las masas de cada piso debemos realizar el metrado de cargas respetando los elementos con los que este trabajará. En elementos verticales (columnas, placas, etc.) estructurales se toma $h/2$, donde h es la altura de piso. Caso contrario si el elemento fuese muro no portante se toma todo el elemento de dicho piso como se muestra en la siguiente figura.

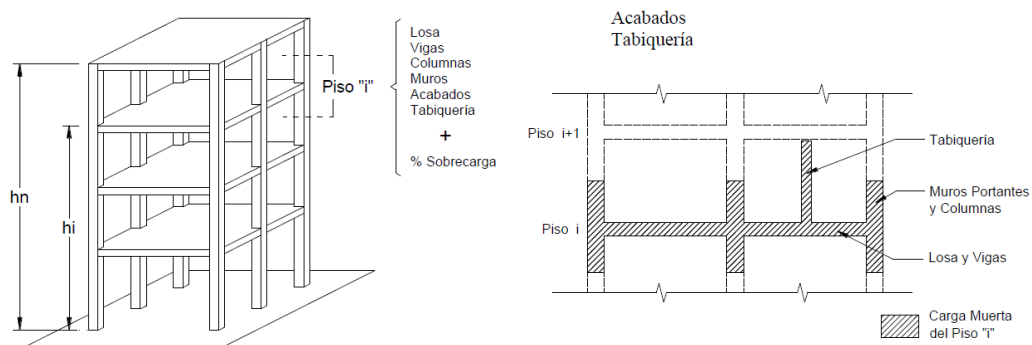


Figura 1. 8. Metrado de cargas para el cálculo de la masa.

1.3.5.9. Análisis sísmico estático.

De acuerdo a la norma E.030 este método es aplicable a todas las estructuras regulares e irregulares ubicadas en la zona 1 y para las demás zonas sísmicas solo

estructuras regulares cuya altura debe ser 30 m como máximo, así mismo para edificaciones de albañilería de estructura regular e irregular hasta 15 m de altura como máximo.

i. Estimación de periodo fundamental de vibración (T).

El periodo deberá ser estimado para las dos direcciones horizontales.

$$T = \frac{h_n(\text{Altura de la estructura})}{C_T}$$

Tabla 1. 13.

Valor de CT en función al sistema estructural.

C_T	Edificios cuyos elementos resistentes son:
35	○ Pórticos de concreto armado sin muros estructurales.
	○ Pórticos dúctiles de acero con uniones que resisten a momentos sin arriostramiento.
45	● Pórticos de concreto armado con muros en escaleras y cajas de ascensores.
	● Pórticos de acero arriostrado
60	- Estructuras de albañilería.
	- Sistema dual
	- Sistema de muros estructurales
	- Sistemas de muros de ductilidad limitada (MDL).

Fuente: Elaboración propia.

ii. Excentricidad accidental.

La norma E.030 recomienda que debe considerarse una excentricidad accidental en cada dirección del análisis de 0.05 veces en dirección perpendicular a la del análisis.

iii. Cálculo de Fuerza cortante en la base.

La fuerza cortante basal se calculará con la siguiente expresión:

$$V_{basal} = \frac{Z \times U_x \times C_x S}{R} \times P$$

Para ello C/R deberá ser mayor o igual que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125 \dots (\text{Según E. 030 2018})$$

Dónde:

Z: Factor de zona.

U: Factor de uso.

C: Factor de amplificación sísmica.

S: Factor de suelo.

R: Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.

P: Peso de la edificación.

iv. Cálculo de la fuerza sísmica en altura.

Las fuerzas laterales en los diferentes niveles se calculan con la siguiente expresión.

$$F_i = \alpha_i x V_{basal}$$
$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k} \dots (E.030 \text{ 2018})$$

Dónde:

P_i y h_i: Es el peso y la altura de cada piso.

V_{basal}: Es el cortante basal estático.

n: número de pisos del edificio.

k: exponente relacionado al periodo fundamental de la estructura (T).

Por tanto, k está en función al periodo.

- $k = 1, si T \leq 0.50$
- $k = (0.75 + 0.5T) \leq 2.0, para T > 0.50$

1.3.5.10. Análisis dinámico modal espectral.

La norma establece que con este método puede diseñarse todas las estructuras.

i. Aceleración espectral.

Para cada dirección analizada la norma sostiene que debe utilizarse un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definidos por la siguiente expresión.

$$S_a = \frac{ZxUxCxS}{R} x g$$
$$T < 0.20 T_P \rightarrow C = 1 + 7,5x \left(\frac{T}{T_P} \right)$$

Dónde:

Sa: Pseudo aceleración

g: Aceleración de la gravedad

Para construir el espectro despejamos Sa/g

Y hacemos variar el periodo fundamental (T) generalmente desde 0 hasta 10 s, por lo que el factor de amplificación sísmica (C) sufre variaciones.

Luego graficamos el periodo (T) vs Sa/g

ii. Modos de vibración.

La norma establece que debe tomarse en cuenta mínimo 3 modos de vibración por piso. Así mismo sostiene que la suma de sus masas efectivas (participación de masa) sea mayor o igual al 90% de la masa total.

Por otro lado, menciona que la fracción del amortiguamiento para todos los modos sea igual 0.05.

iii. Criterios de combinación.

La respuesta máxima elástica esperada (r) se calculará con la siguiente expresión:

$$R_k = \sqrt{\sum \sum R_{ki} \rho_{ij} R_{kj}}$$
$$\rho_{ij} = \frac{8 \beta^2 (1 + \lambda) \lambda^{3/2}}{(1 - \lambda^2)^2 + 4 \beta^2 \lambda (1 + \lambda)^2} \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

Dónde:

β : Fracción de amortiguamiento crítico = 0.05d

ω : Frecuencias angulares.

λ : Relación de frecuencias j a la i.

R_k : Respuesta del grado de libertad k.

R_{kj} : Respuesta de modo j en el grado de libertad k.

iv. Fuerza cortante.

Durante el análisis se debe verificar que:

Vbasal dinámico > 80% Vbasal estático → Para estructuras regulares

Vbasal dinámico > 90% Vbasal estático → Para estructuras irregulares

Si no cumple, se deberá escalar los resultados, el cual será de la siguiente manera.

$$\frac{V_{basal\text{estático}} \times 80\% \text{ ó } 90\%}{V_{basal\text{dinámico}}} = \text{Factor } V$$

Luego, una vez obtenido el factor V, procedemos a multiplicar este por la aceleración de la gravedad o por el anterior factor de escala.

1.3.5.11. Derivas y desplazamientos.

Las distorsiones del entrepiso de la estructura a analizar no deben superar a límites establecidos en el reglamento nacional de edificaciones E.030, estos límites para la distorsión están en función a los materiales que predominan la edificación.

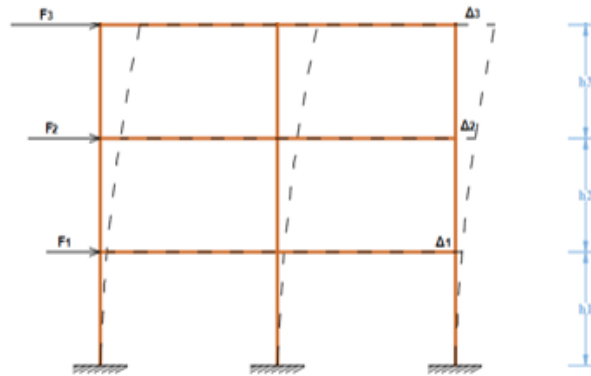


Figura 1. 9. Desplazamiento en la estructura.

$$\beta(\text{deriva}) = \frac{\Delta_i - \Delta_{i-1}}{h_i} \leq (\text{Límites para la distorsión})$$

Tabla 1. 14.

Valor de CT en función al sistema estructural.

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E.030

A. Cálculo del desplazamiento lateral (DL).

Para estructuras regulares:

$$DL = R \times 0.75 \times \text{Result. del análisis lineal elástico}$$

Para estructuras irregulares:

$$DL = R \times 0.85 \times \text{Result. del analisis lineal elastico}$$

Dónde:

R: Coeficiente de reducción sísmica. ($R_o I_a I_p$)

R_o : Coeficiente Básica de reducción.

I_a : Irregularidad en altura

I_p : Irregularidad en planta.

0.75 y 0.85: Coeficientes de desplazamiento lateral

B. Desplazamiento lateral relativo (DLr).

$$DLr = DL * h_i \leq \text{Limites para la distorsión} * h_i$$

1.3.5.12. Sistemas estructurales

❖ Estructuras de albañilería

La E.030 del RNE no hace diferencia estructural entre la albañilería confinada y la albañilería armada.

1.3.6. Análisis estructural.

“El análisis Estructural, es una ciencia que se encarga de la elaboración de métodos de cálculo, para determinar la resistencia, rigidez, estabilidad, durabilidad y seguridad de las estructuras, obteniéndose los valores necesarios para un diseño económico y seguro” (Villarreal, 2009, p.4).

La filosofía que normalmente se emplea en el diseño estructural sismorresistente es que las edificaciones no deben sufrir ningún tipo de daño durante un sismo leve y frente a un sismo moderado solo debe presentarse algunos daños en la estructura, las cuales deben estar dentro de los límites tolerables y finalmente cuando ejerce un sismo severo la estructura no debe colapsar para que de esta manera se evita pérdidas de vidas humanas.

1.3.7. Pre-dimensionamiento de elementos estructurales

El pre dimensionamiento de elementos estructurales son estimaciones que están en función de la experiencia, así como de los experimentos realizados por cada profesional. Las dimensiones asumidas para cada sección de los elementos (vigas, losas, columnas, placas, etc.), se verificará en el diseño si es suficiente para los esfuerzos y momentos con los que trabajara dicho elemento.

1.3.7.1. Elemento muros portantes

Según E.070 indica que el espesor mínimo del muro portante será:

- a) Para zonas sísmicas 1.

$$t \geq \frac{h}{20}$$

Donde:

h: distancia libre de piso

- b) Para zonas sísmicas 2, 3, y 4

$$t \geq \frac{h}{25}$$

t: espesor del muro

1.3.7.2. Densidad de muro

Se debe de verificar la densidad de los muros en ambas direcciones a analizar, es decir tanto para el eje “X” como para el eje “Y”.

La densidad mínima de los muros portantes para cada dirección de la estructura a analizar se obtendrá por medio de la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de corte de los muros para fuerzas laterales}}{\text{área de la planta típica}} = \frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

Dónde:

“Z”, “U” y “S” corresponden a los factores de zona sísmica, uso de la edificación y factor de suelo respectivamente. Dichos parámetros se encuentran establecidos en la NTE E. 030 de Diseño Sismorresistente.

N: cantidad de pisos de la edificación

L: Distancia total del muro

t: espesor efectivo del muro (m)

1.3.7.3. Losa aligerada unidireccional.

Según Ferri, Pérez y García (2012), las losas aligeradas unidireccionales son componentes que soportan en una sola dirección, apoyados en sus dos extremos.

Existen muchos criterios para el dimensionamiento de losas aligeradas, aunque las más utilizadas son las que están en función a las sobrecargas (carga viva).

A continuación, presentaremos 3 criterios.

- a) Para $L_n < 7.5 \text{ m}$ y $S/C \leq 300 \text{ kg/m}^2 = L_n/25$

- b) Este criterio pasa por conocer el uso que se le dará a la estructura (sobrecarga), para el caso de viviendas la sobrecarga o carga viva (S/C) es 200 kg/cm^2 – según E. 020 RNE.

S/C	150	200	250	300	350	400	450	500
H	Ln/30	Ln/28	Ln/26	Ln/24	Ln/22	Ln/21	Ln/20	Ln/19

- c) Según Abanto (2017) para luces (longitud entre apoyos) mayores a 7m se sugiere usar losas nervadas. Para losas unidireccionales con sobrecargas menores a 350 kg/cm² se aplicará el siguiente criterio.

Tabla 1. 15.

Criterios para pre-dimensionamiento de losa aligerada unidireccional.

Luz libre (m)	Espesor del aligerado (m)	Altura del ladrillo (m)	Espesor de losa maciza (m)
$L \leq 4$	0.17	0.12	0.05
$4 < L \leq 5$	0.20	0.15	0.05
$5 < L \leq 6.5$	0.25	0.20	0.05
$6.5 < L \leq 7.5$	0.30	0.25	0.05

Fuente: Análisis y diseño de edificaciones de albañilería.

1.3.7.4. Losa maciza unidireccional

Las losas macizas unidireccionales se usan generalmente en ambientes pequeños.

Para pre-dimensionar podemos utilizar el criterio c de las losas aligeradas unidireccionales, a partir de ello tomamos el espesor del ladrillo, el cual será nuestro espesor de losa maciza unidireccional.

$$Esp. Losa Maciza = Esp. Losa Alig. - 0.05 \dots \dots (m)$$

1.3.7.5. Losa maciza bidireccional.

Las losas macizas bidireccionales o losas macizas en dos direcciones se utilizan generalmente para cubrir distancias grandes (luz libre) sin vigas intermedias. En el diseño se debe realizar un análisis de paño por paño. La norma E.060 brinda el método “Método de coeficientes para losas apoyadas en vigas o muros”.

Para el uso de este tipo de elementos es indispensable que el apoyo ya sea viga (peralte mínimo = “Luz libre viga/15”) o muro, deberá ser continuo en todo el perímetro de la losa.

Dónde:

$$e = \frac{Ln}{40}$$

Ln: Luz libre

$$e = \frac{Perímetro}{180}$$

e: espesor de losa

1.3.7.6. Vigas.

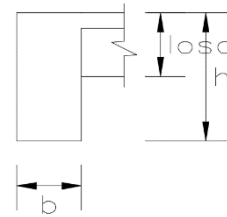
Generalmente para pre-dimensionar las vigas se usan las distancias entre apoyos (luz libre) y el uso que tendrá la estructura.

En la albañilería confinada los muros portantes son los que soportan las cargas verticales y horizontales, por ello muchos consideran colocar vigas de dimensiones pequeñas, sin embargo, por motivos de distribución arquitectónica en algunos proyectos la continuidad de muros portantes en las dos direcciones X e Y no son continuos, dado esto es necesario utilizar pórticos.

Por lo tanto, el pre dimensionamiento de vigas será.

$$h = \left(\frac{Ln}{12} \text{ a } \frac{Ln}{10} \right)$$

$$b = \left(\frac{h}{3} \text{ a } \frac{h}{2} \right)$$



El ancho mínimo de la viga es de 25 cm por motivos de evitar cangrejeras.

Hibbeler (2011), sostiene que la viga debe diseñarse por flexión y cortante, para lo cual es necesario realizar el análisis estructural para de esta manera determinar los refuerzos (concreto armado) o espesor y dimensión (acero).

1.3.7.7. Cimientos.

Dónde:

P: Carga de servicio o peso de la estructura de acuerdo a el área tributaria

q_a : Capacidad portante del suelo kg/cm²

Es el elemento estructural que se encarga de transmitir las cargas de la superestructura al terreno. Para ello debe de verificarse la presión en este a fin de evitar fallas en el suelo.

$$A_{\text{cimiento}} = \frac{P}{q_a}$$

1.3.7.8. Columnas.

- **Columnas para sistema aporricado**

a) Para columnas centradas.

$$A_{\text{col}} = \frac{P}{0.45 * f'_c}$$

b) Para columnas excéntricas y esquinadas.




$$A_{col} = \frac{P}{0.35 * f'c}$$

Donde:

P: Carga de servicio

f'c: Resistencia a compresión del concreto

$$P = N^{\circ} \text{ de pisos} * \text{Área tributaria}$$

* Edificios Esenciales	Cat. (A) 	P =	1500 kg/m ²
* Edificios Importantes	Cat. (B) 	P =	1250 kg/m ²
* Edificios Comunes	Cat. (C) 	P =	1000 kg/m ²

- **Columnas de confinamiento**

El peralte mínimo de la columna es de 15 cm, así mismo el área mínima será 15*t (cm²).

El área mínima de la columna de confinamiento es de 200 cm².

Las distancias entre columnas de confinamiento no de ser mayor a:

A) 35*t.

B) 1.5*h_{ent.} → donde “h_{ent.}” es la altura del entrepiso.

C) Menor o igual a 4m.

1.3.7.9. Placas.

Conocidos también como muros estructurales o muros de corte las cuales dan rigidez lateral (por eventos sísmicos) y torsional (por irregularidad en plantas), de hecho, cuando se analiza una estructura aporricado y falta rigidez (periodos y derivas altos) es una solución factible.

El espesor mínimo de las placas para sótanos es de 0.20 m., Así mismo el espesor mínimo para placas en edificaciones sin sótano es de 10 cm.

1.3.7.10. Escaleras.

Son elementos de concreto armado, es una losa maciza que ayuda a trasladarse de un nivel hacia otro superior, mediante gradas (pasos y contrapasos). En estas estructuras existen tramos de descanso cuya longitud mínima es 0.90 m.

Las losas de la escalera se diseñan como vigas simplemente apoyadas. Se sugiere que la altura máxima del contrapaso sea de 0.18 m, así mismo se recomienda que el ancho del paso sea de 0.25 m. También recordemos que el ancho mínimo de la escalera es de 0.90 m.

1.3.8. Diseño estructural de muros portantes

1.3.8.1. Por carga vertical

Las cargas muertas (PD) y las sobrecargas (PL), aplicado en los muros, producen cargas verticales.

Proceso Metodológico

Se determinará las cargas actuantes acumulativas conforme a su área tributaria del muro.

Dónde:

Calcular los esfuerzos actuantes (σ_a)

t: Espesor del muro

$$\sigma_a = \frac{P_D + P_L}{A}; \quad \text{reemplazando} \quad \sigma_a = \frac{P_D + P_L}{t \times l} \quad l: \text{longitud del muro}$$

Si $\sigma_a < \sigma_m$, \rightarrow el espesor del muro esta apropiado.

Calcular el esfuerzo admisible (σ_m)

También conocido como el máximo esfuerzo axial el cual es generado por la máxima carga de vertical de servicio (PD+PL). Tomando toda la sobrecarga deberá ser menor como se indica en la siguiente expresión.

$$\sigma_m = 0.20 f'_m \left(1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right), \quad \sigma_m \leq 0.15 * f'_m$$

Dónde:

f'_m : Resistencia a la compresión de la albañilería

Si $\sigma_a > \sigma_m$, entonces debemos de aumentar el espesor del muro o la resistencia a compresión de la unidad de albañilería (f'_m).

1.3.8.2. Análisis Elástico (sismo moderado)

Después de determinar las fuerzas internas en la estructura ante un sismo moderado, se debe verificar que cada muro y en cada nivel del piso no tenga el 55% del cortante de agrietamiento diagonal (V_m) provocado por la fuerza cortante (V_e) producido por el sismo severo.

$$V_e \leq 0.55 V_m$$

1.3.8.3. Cortante de agrietamiento diagonal

Se determinará la resistencia al corte (V_m), con la siguiente expresión;

$$V_m = 0.5 V'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23 P_g \text{ (Unidades de arcilla)}$$

$$V_m = 0.35 V'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23 P_g \text{ (Unidades de silico calcáreo)}$$

$$V_m = V_c = 0.53 \cdot t \cdot D \cdot \sqrt{f'_c} \text{ (Muros de concreto)}$$

$$D = 0.80 \cdot L$$

$$\text{si ; } \quad \frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1$$

Dónde:

V'_m : Resistencia de albañilería al corte obtenido por ensayos de compresión diagonal.

M_e : Momento flector en el muro.

α : es el factor que reduce la resistencia al corte (efectos de esbeltez).

L : Distancia del muro.

1.3.8.4. Diseño de Sismo severo

Se realizarán los siguientes controles:

A. Verificación de la resistencia total de la edificación

Si el total de la cortante de agrietamiento diagonal (V_m) calculado para cada nivel, es mayor a la fuerza cortante generada por el sismo severo (V_E), ($\sum V_m > V_E$), entonces los muros están bien distribuidos.

Si la sumatoria de las cortantes de agrietamiento diagonal es menor, entonces debemos reforzar la estructura aumentando el espesor de muro, cambiando las unidades de albañilería por una de mayor resistencia o remplazando los muros por placas.

Cuando $\sum V_m > 3V_E$, entonces la estructura se comportará de manera elástica frente a sismos severos, por ende los elementos de confinamiento llevarán menor refuerzo.

B. Factores de amplificación y verificación del agrietamiento de los muros en los diferentes pisos

Se supone que frente a la acción de un sismo severo, los muros del primer piso sufren agrietamiento diagonal, es decir, que las fuerzas internas elásticas (M_e , V_e) alcanzarán a la cortante de agrietamiento diagonal (V_{m1}), por ello será necesario

amplificar Me y Ve con el factor obtenido de $\frac{V_{m1}}{V_{e1}}$, dicho factor debe ser menor o igual a 3 y mayor o igual a 2.

$$2 \leq \left(\frac{V_{m1}}{V_{e1}} \right) \leq 3$$

Para concreto armado, el factor que se tomará para la amplificación es 1.25.

Las fuerzas internas (Me, Ve) afectadas por el factor mencionado, pasarán a adoptar valores como Mu y Vu.

Vu: Fuerza cortante ultima frente a un evento sísmico de tipo severo.

$$Vu = Ve * \left(\frac{V_{m1}}{V_{e1}} \right)$$

Mu: Momento flector ultimo generado por un evento sísmico de tipo severo.

$$Mu = Me * \left(\frac{V_{m1}}{V_{e1}} \right)$$

Por otra parte, si en los pisos superiores (≥ 2 do piso), se obtiene fuerzas cortantes (Vui) supera a la resistencia al (Vmi), entonces los elementos de confinamiento deben diseñarse con al del primer piso.

C. Fuerzas internas en los confinamientos

Generalmente surgen cargas mayores en el primer piso donde las columnas presentan fuerza a tracción (T), a compresión (C) y corte (Vc), lo cual se determinará de acuerdo a la E.070, con la siguiente expresión:

Tabla 1. 16.
Cálculo de fuerzas internas.

Columna de conf.	Fuerza cortante (Vc)	Tracción (T)	Compresión (C)
Interior	$\frac{V_{m1}xL_m}{Lx(N_c + 1)}$	$V_{m1x} \left(\frac{h}{L} \right) - P_c$	$P_c - V_{m1x} \left(\frac{h}{2L} \right)$
Extrema	$1.5x \frac{V_{m1} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$	F - Pc	Pc + F

Fuente: Análisis y diseño de edificaciones de albañilería.

$$M = M_{u1} - \frac{1}{2} V_{m1}x h$$

$$F = M/L$$

Dónde:

h= altura del 1er piso.

F = cargas axiales en las columnas externas que son producidas por el momento flector.

Nc: N° de columnas en un paño (en 01 muro = 2 columnas de conf.).

L_m: Longitud del paño mayor o ½ *L (el mayor). En el caso de tener muros de un solo paño, entonces se tomará que L_m=L.

V_{m1}: Cortante de agrietamiento diagonal

L: Longitud del muro, incluyendo columnas.

M_{U1}: Momentos flectores ocasionados por sismos severos.

Diseño de confinamiento de columnas y vigas.

P_c: Carga axial originada por P_g en las columnas.

$$P_c = \frac{P_g}{N_c}$$

Para cálculo de tracción en columnas

P_t: Carga tributaria que proviene del muros transversales a las columnas que se está analizando, se puede considerar que: P_t = 0.25.P_g del muro transversal.

D. Diseño de confinamiento de columnas y vigas

Calculo de sección de columnas de confinamiento

Por comprensión.

Según Abanto (2017), el área de la sección de la columna donde se empleará el concreto estructural, se calculará tomando a la columna como arriostrada en toda su longitud por el muro de albañilería.

$$A_n = A_s + \frac{\frac{C}{\phi} - A_s f_y}{0.85 \times f'_c \times \delta}$$

El área del núcleo representa el área del concreto bordeado por los estribos, por ello para calcular el área de la sección de la columna (A_c) se debe adicionar los recubrimientos.

Así mismo debe verificarse que:

$$A_c \geq A_{cf}$$

Dónde:

$\phi=0.7$ para estribos cerrados y 0.75 para zunchos.

$\delta=0.8$ para muros sin columnas.

$\delta=1$ para muros con columna.

A_{sf} : área requerida por la acción de corte-fricción

A_c : Área de concreto de la columna a usar (cm^2)

A_n : Área del núcleo de las columnas a utilizar (cm^2).

$A_{s\ min}$ = Área del acero principal (vertical) mínima (cm^2), 4Ø8mm

Por corte fricción en (cm^2)

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0.20x f'_c x \phi} \leq A_c \geq 15t$$

Dónde:

$\phi = se\ utilizara\ 0.85$

Cálculo del refuerzo vertical

El refuerzo vertical, que se empleará en las columnas de confinamiento, ayudará a soportar la acción combinada de la acción de corte-fricción y tracción.

$$A_{sf} = \frac{V_c}{f_y \cdot u \cdot \phi}$$

$$A_{st} = \frac{T}{f_y \cdot \phi}$$

$$A_s = A_{sf} + A_{st} \geq 0.1 \frac{f'_c \cdot A_c}{f_y}$$

$\phi = 0.85$ (Es un factor de reducción de resistencia).

u: factor de fricción (se considerará 0.8 para las juntas que no está en tratamiento y 1 en caso si la juntas están rugosas).

Calculo de estribos

Se determinará los espaciamientos de los estribos de la siguiente manera:

$$s_1 = \frac{A_v f_y}{0.3 t_n \cdot f'_c \left(\frac{A_c}{A_n} - 1 \right)}$$

$$s_2 = \frac{A_v \cdot f_y}{0.12 t_n \cdot f'_c}$$

$$s_3 = \frac{d}{4} \geq 45 \text{ cm}$$

$$s_4 = 10 \text{ cm}$$

Dónde:

d: peralte de la sección de la columna.

A_v : Sumatoria de las ramas paralelas del estribo.

t_n : Espesor (núcleo del confinamiento).

Zona confinamiento: Partes extremas de la columna en las que los efectos de corte son mayores por las que se debe de emplear refuerzos transversales a distancias menores.

Zona central: Parte central de la columna en las que los efectos de corte son menores, de hecho, en esta zona es donde se realiza los empalmes de los refuerzos principales (Separación de estribos = @ 0.45 m o 1.5*d).

Viga solera

Trabaja de manera a tracción para resistir una fuerza igual a T_s

$$T_s = V_{m1} \cdot \left(\frac{L_m}{2L} \right)$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi \cdot f_y} \geq 0.1 \frac{f'_c \cdot A_{cs}}{f_y} \dots \dots (\text{mín. } 4 \phi 8 \text{ mm})$$

Dónde:

A_{cs} = área de la sección transversal de la solera.

A_s = área de refuerzo longitudinal en la viga.

Según abanto (2017), para las vigas soleras mínimamente se empleará aceros de $\phi 1/4"$ 1@0.05, 4@0.10, resto @ 0.25m.

1.3.9. Control de Fisuración

En la E.070 - RNE (2016), nos indica que la función tiene como finalidad de que los muros principales no se lleguen a fisurar a causa de los movimientos sísmicos de tipo moderado, que normalmente se dan de manera continua. Para ello se consideran las fuerzas cortantes generadas por eventos sísmicos de tipo severo.

Entonces, en todos los muros de albañilería que conforman una edificación (cada entrepiso) se deberán comprobar de la siguiente manera, la cual verifica el acontecimiento de las fisuras ocasionada por las fuerzas de corte:

$$V_e \leq 0.55 * V_m$$

Dónde la expresión “V e” es la fuerza cortante admisible ocasionada por un evento sísmico de tipo o clase moderado, en el muro en el que se está analizando y “V m” es la fuerza de corte relacionada al agrietamiento en forma diagonal de los muros de albañilería.

1.3.10. Verificación de la resistencia al corte de la estructura

Con la finalidad de aportar una resistencia y rigidez al edificio, en cada entrepiso y en cada sentido principal del edificio, se deberá efectuar que la resistencia al corte sea mayor que la fuerza cortante producida por los movimientos sísmicos, es decir:

$$\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$$

El valor V_{Ei} pertenece a la fuerza actuante en el entrepiso “i” del edificio, producida por el sismo severo.

Cuando la sumatoria de resistencia al corte ($\sum V_{mi}$) en cada uno de los entrepisos sea \geq a 3 veces V_{Ei} , entonces la estructura se comportará elásticamente frente a un sismo severo y por lo cual solo se requerirá refuerzos mínimos para la solera y la columna de confinamiento.

1.3.11. Tipos de falla de albañilería ante un sismo

Según Abanto (2013) nos informa que ante un movimiento sísmico sometido a la albañilería presenta 3 tipos de fallas, de las cuales son:

1.3.11.1. Falla por corte

La falla por corte en los muros se interpreta en dos maneras por agrietamientos diagonales y por falla a comprensión, debido a las fuerzas horizontales. Las fallas de agrietamientos diagonales se producen de dos formas de las cuales son las tensiones de tracción diagonal y por esfuerzo tangencial en las juntas. La falla por comprensión se presenta por la poca resistencia de comprensión en los muros.

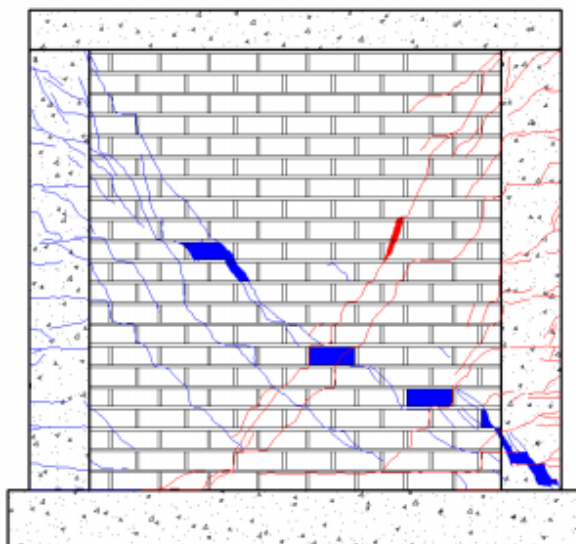


Figura 1. 10. Falla por corte en muros.

1.3.11.2. Falla por flexión

En las fallas de flexión se puede encontrar dos tipos, las cuales son:

A. *Falla por flexión en el plano del muro.*

Esto se da cuando los muros están sin elementos de concreto armado, de tal manera que no hay fuerzas de tracción en la parte superior del muro, por lo cual se generan momentos que flexionan a causa de que no hay desplazamiento vertical en dicho muro, de esa forma se genera grietas horizontales en los muros aplicados por fuerzas horizontales y si la carga es muy excesiva, en el otro extremo fallará por aplastamiento en su parte inferior, debido a que está sometido a compresión.

B. *Falla por flexión perpendicular al plano del muro.*

Mayormente se origina estos tipos de fallas por la poca inercia que tiene el muro y por el arriostramiento en la parte superior. Cuando hay encuentro de paredes en los muros y se produce un movimiento sísmico genera esfuerzos de tracción y compresión por los movimientos de estos, de tal forma aparece rajaduras verticales ya que la albañilería no resiste tracciones. La manera de poder evitar este tipo de falla es colocando vigas soleras en los muros.

1.3.11.3. Falla por asentamiento diferencial de la cimentación

Esto ocurre generalmente cuando la cimentación no ha sido diseñada adecuadamente y la capacidad portante es baja, por lo cual se genera asentamientos diferenciales provocando de esa manera grietas verticales en todo lo alto del muro.

1.3.12. Unidades de albañilería ecológica:

Es un material que permite aislar el calor del frío exterior o viceversa, por lo que es una gran aportación para la reducción económica, así mismo ayuda al medio ambiente, dado que en su proceso de fabricación no son calcinados a altas temperaturas. Este material es muy resistente porque soportan cargas muy pesadas (Parnisani, 2014).

1.3.12.1. Ladrillos y bloques ecológicos.

Son unidades fabricados con materiales prima del Perú y actualmente son estudiados. Los bloques y ladrillos son denominados ecológicos porque son elaborados a partir de materiales reciclados, tales como los obtenidos de las demoliciones de estructuras o incluso como se vio en los antecedentes haciendo uso de papeles reciclados. Otro de los motivos por la que son denominados ecológicos y no menos importante es por crearlo bajo procedimientos no contaminantes, es decir, se omite el proceso de cocción a altas temperaturas y en su lugar se utiliza la prensa hidráulica que normalmente oscila de 7 a 10 Tn.

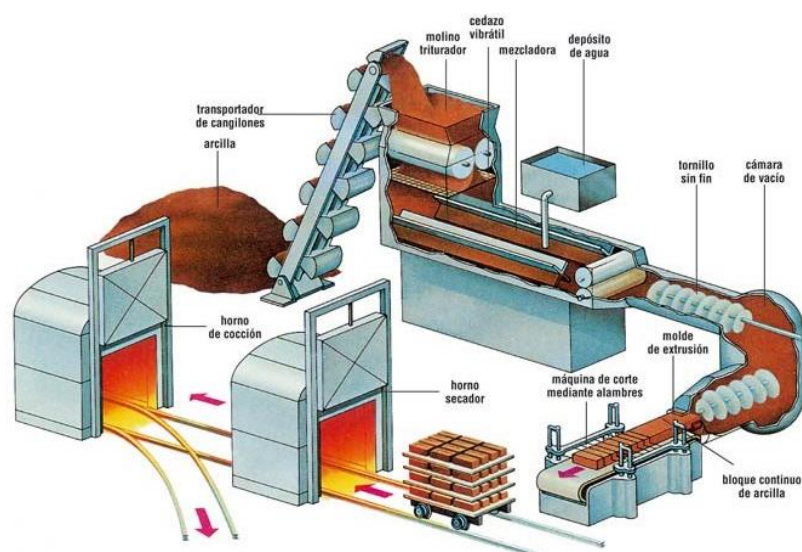


Figura 1. 11. Proceso de fabricación de ladrillos convencionales.

Así mismo debe considerarse que para la cocción de los ladrillos convencionales suele utilizarse madera como combustible, encaminando de esta manera a la tala de árboles o deforestación lo cual es perjudicial para el habitat de los animales y los humanos por la reducción de áreas arboladas que absorben el dióxido de carbono (CO₂).

1.4. Formulación del problema

Sobre la base planteada en la realidad problemática y con la finalidad de encontrar una unidad de albañilería el cual sea resistente y aplicable para los muros de carga y con ello posteriormente realizar el diseño estructural de una vivienda sismorresistente que cumpla con los tres ejes fundamentales dentro de los proyectos (calidad, tiempo y costo), se planteó los problemas de investigación que se muestran a continuación.

1.4.1. Problema general

El problema general de la investigación fue el siguiente:

- ¿La estructura diseñada con sistema de albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho - 2018, presenta una respuesta estructural adecuada para los acontecimientos sísmicos de dicha zona?

1.4.2. Problemas específicos

Los problemas específicos planteados para la presente investigación fueron los siguientes:

- ¿Cuáles son las resistencias a la comprensión axial de unidades (f'_b), comprensión de pilas (f'_m) y comprensión diagonal en muretes (V'_m) de los ladrillos ecológicos LTC para el diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada en San Juan de Lurigancho, 2018?
- ¿Qué muro portante de la vivienda analizada de sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho – 2018, absorbe mayor fuerza cortante traslacional, cortante por torsión y cortante de diseño?
- ¿Los muros portantes de la estructura analizada de sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho – 2018, trabajan en el rango elástico ante un sismo moderado?
- ¿Cuál es el diseño final (dimensiones y refuerzos) de los elementos estructurales que conforman la vivienda analizada de sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho - 2018?

1.5. Justificación del estudio

1.5.1. Justificación teórica

El sistema de albañilería confinada es de uso frecuente en la construcción de viviendas, ya sea unifamiliares o multifamiliares, debido a su alta resistencia y a sus conjuntos de elementos que trabajan de manera uniforme. Además, es económico, aunque los materiales para este sistema tienen procedimientos de fabricación contaminantes que con el tiempo contrae problemas de salud, es por ello, que en la actualidad se viene implementando nuevos materiales ecológicos.

La presente investigación busca fomentar sobre la utilización de ladrillos ecológicos LTC, así como también ampliar el conocimiento acerca del comportamiento de los elementos estructurales que conforman el sistema de albañilería confinada. La propuesta de usar estos ladrillos ecológicos LTC es a partir de convencer la utilización de materiales que no contaminen el medio ambiente durante su proceso de fabricación, incluso por el detalle económico, porque la arcilla es un material prima del Perú.

Por lo tanto, esta investigación es desarrollada con fines de adecuar un nuevo material el cual sea económicamente rentable y que sobre todo no perjudique al medio ambiente. Para ello, debe de cumplir con los parámetros de resistencias establecidas en la norma E.070 para ser denominado y utilizado como unidad de albañilería y a partir de ello, realizar el diseño estructural de una vivienda unifamiliar el cual pueda ser aplicado a la realidad del distrito de San Juan de Lurigancho. Esto ayudará a que las familias gasten menos en sus proyectos de edificación, así mismo, permitirá a futuro reducir los riesgos de las viviendas autoconstruidas propiciadas por la falta de criterio técnico. La investigación brindará un modelo de vivienda sismo resistente, el cual cumplirá con todos los parámetros establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

1.5.2. Justificación metodológica

La metodología que se aplicará en la presente investigación es el estudio exploratorio, dado que hay poca información acerca del comportamiento de los ladrillos ecológicos, así como de su aplicación a estructuras de viviendas. Según Sampieri

(2014, p. 91) estos estudios se emplean cuando el objetivo trata de evaluar un tema poco estudiado o aún novedoso.

Así mismo, es descriptivo en base a que hay referencia básica de los ladrillos ecológicos LTC, cuyos insumos fueron determinadas en investigaciones anteriores. También es porque se describirá las ventajas que tiene este frente a un ladrillo convencional.

La otra metodología a emplear es el Aplicado, debido a que se utilizará toda la información recopilada para aplicarlo a la realidad, utilizando el conocimiento adquirido en la formación universitaria.

1.5.3. Justificación tecnológica

En los últimos años, la construcción es uno de los principales causantes del deterioro del medio ambiente, es por ello que en diferentes países se ha estado dando paso a las ideas del diseño ecológico, buscando utilizar los recursos naturales de tal modo que minimicen el impacto ambiental. Esto es posible gracias a los equipos modernos, como por ejemplo para los ladrillos ecológicos LTC, la prensa hidráulica es indispensable para su fabricación.

Actualmente existen empresas que fabrican ladrillos ecológicos, con materiales inorgánicos, ayudando de esta manera también a minimizar la contaminación ambiental.

1.5.4. Justificación económica

Según Parnisani, (2014), el bloque o ladrillo ecológico ayuda a aislar el frío del calor exterior o viceversa, esto ayuda a reducir los costos para el mantenimiento térmico de las edificaciones, dado que mayormente se gasta mucho en energía. Este material es económico, resistente a los agentes naturales, durables y así mismo son capaces de soportar cargas pesadas.

Por otro lado, los ladrillos ecológicos son económicos, dado que utiliza recursos que proveen el medio ambiente y materiales locales, aprovecha los beneficios que ofrece la naturaleza para ser empleados en muros portantes o simplemente para división de ambientes.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

HG: La estructura diseñada con sistema de albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho - 2018, presenta una adecuada resistencia y rigidez estructural así mismo conlleva a un costo menor su ejecución frente a las edificaciones construidas con ladrillos convencionales.

1.6.2. Hipótesis específicas

HE1: Las resistencias a la compresión axial de unidades (f'_b), compresión de pilas (f'_m) y compresión diagonal en muretes (V'_m) de los ladrillos ecológicos LTC para el diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada en San Juan de Lurigancho - 2018, supera al mínimo establecido en la Norma E.070 para fines estructurales.

HE2: Los muros que absorben mayor fuerza cortante traslacional, cortante por efectos de torsión y cortante de diseño son los que poseen mayor rigidez o dimensión.

HE3: Los muros portantes de la estructura analizada de sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho - 2018, trabajan en el rango elástico ante un sismo moderado.

HE4: El diseño final (dimensiones y refuerzos) de los elementos estructurales que conforman la vivienda analizada de sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho - 2018, está dentro de los rangos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

1.7. Objetivos

Por tanto, los objetivos planteados fueron los siguientes

1.7.1. Objetivo General

- Determinar si la estructura diseñada con sistema de albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho - 2018, presenta una respuesta estructural adecuada para los acontecimientos sísmicos de dicha zona.

1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar las resistencias a la compresión axial de unidades (f'_b), compresión de pilas (f'_m) y compresión diagonal en muretes (V'_m) de los

ladrillos ecológicos LTC para su uso en el diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada en San Juan de Lurigancho, 2018.

- Identificar que muros portantes de la vivienda analizada con sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho – 2018, absorbe mayor fuerza cortante traslacional, cortante por torsión y cortante de diseño.
- Verificar si los muros portantes de la estructura analizada de sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho – 2018, trabajan en el rango elástico ante un sismo moderado.
- Diseñar los elementos estructurales que conforman la vivienda de sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho, 2018.

II. METODOLOGÍA.

1.8. Diseño de la investigación

1.8.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación aplicado en la presente investigación fue la aplicada. La investigación aplicada porque se está utilizando el conocimiento aprendido en la carrera de ingeniería civil, así como el conocimiento obtenido en investigaciones anteriores (investigaciones de tipo básica) la cual se aplicará a la problemática real. Tanto la investigación aplicada como la básica deben estar vinculados de forma estrecha dado que la primera depende mucho de los resultados de la última (Behar, 2008, p. 20).

1.8.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación adaptado es el aplicativo en base a que se busca solucionar o disminuir los problemas actuales como la contaminación, autoconstrucción de viviendas, sustitución de materiales elaboradas con procesos que deterioran la salud, así mismo porque no se trata de descubrir nuevas leyes, sino de reconstruir procesos ya descubiertos.

1.8.3. Diseño de investigación

“El diseño no experimental trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables” (Hernández, et. al, p.152).

Por tanto, son investigaciones en las que no se manipula las variables, sino más bien trata de la observación a los fenómenos, tal como se comportan.

En consecuencia, el presente estudio es de diseño no experimental tipo transversal dado que se recolectarán datos en un tiempo único establecido. A partir de ello se describirá y se analizará su incidencia en el análisis de la estructura.

1.9. Variable y operacionalización

1.9.1. Variable

Según Hernández et. al. (2014) la variable es un elemento que puede cambiar en la cual ese cambio es apto de medirse.

1.9.2. Operacionalización de variables

a. Variable independiente:

V1: Sistema de Albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC

b. Variable dependiente:

V2: Diseño Estructural

1.9.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 2. 1.
Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN			
VARIABLE 1: INDEPENDIENTE	Sistema de albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC	“Confined masonry construction consists of masonry walls and horizontal and vertical reinforced concrete (RC) confining elements build on all four sides of a masonry wall panel [...]”(Meli, Brzec, et. al. ,2011, p.6). "Es aquella formada por losas aligeradas o macizas apoyadas en muros de ladrillo, en cuyo perímetro se ha colocado elementos de concreto armado" (Abanto, 2013, p.19). “The seismic resistance of the confined masonry house designs depends upon the strength and quality of concrete block used” (Build Change Denver CO, 2011, p.1).	Unidad de albañilería (Ladrillos ecológicos LTC)	Resistencia a comprensión de Pilas f'm	Equipos para ensayo a comprensión de pilas	Razón			
				Resistencia a comprensión diagonal de Muretes V'm	Equipos para ensayo a comprensión diagonal de muretes	Razón			
				Resistencia a comprensión axial de unidades f'b	Equipos para ensayo de comprensión a ladrillos	Razón			
			Muros Portantes	Densidad	Excel	Razón			
				Diseño por carga vertical	Excel	Razón			
			Fuerza cortante	Cortante traslacional	Excel	Razón			
				Cortante por torsión	Excel	Razón			
				Cortante de diseño	Excel	Razón			
			VARIABLE 2: DEPENDIENTE	Diseño estructural	“[...] the design of a structure is a comprehensive work taking account of not only safety, serviceability and restorability but also landscape, impact on the environment, economic efficiency, etc. [...]” (Ministry of Land, Infrastructure and transport, 2002, p. 1). “El diseño estructural engloba un conjunto de actividades con el fin de determinar el tipo de la estructura, así como sus dimensiones y características detalladas, el cual permita un comportamiento estable” (Meli, 2002, p.5).	Parámetros de diseño	Z = Factor de Zona	Norma E. 030	Razón
							U = Uso	Norma E.030	Razón
							S = Factor suelo	Equipos	Razón
							C = Factor de amplificación sísmica	Norma E.030	Razón
							R = Reducción	Norma E.030	Razón
Análisis estructural	V = Fuerza cortante	Excel				Razón			
	M = momento	Excel				Razón			
	A = Fuerza axial	Excel				Razón			
Diseño de muros	Análisis elástico ante sismo moderado	Excel				Razón			
	Resistencia global de la estructura – sismo severo	Excel				Razón			
Diseño de elementos estructurales	Diseño de cimentación. (Dimensiones y profundidad)	Excel AutoCAD	Razón						
	Diseño de losa.	Excel AutoCAD	Razón						
	Diseño de columna de confinamiento.	Excel AutoCAD	Razón						
	Diseño de viga de confinamiento. (dimensiones y área de acero)	Excel AutoCAD	Razón						

Fuente: Elaboración propia.

1.10. Población y muestra.

1.10.1. Población:

Según Valderrama (2013) la población se define como un conjunto de elementos limitados para estudiar.

La población para el presente estudio la conforma las viviendas de la urbanización Inca Manco Cápac en San Juan de Lurigancho.

1.10.2. Muestra:

Según Hernández, et. al. (2014) menciona que la muestra es un subgrupo de la población para la recolección de datos y tiene que dar resultados definidos.

De tal manera que la muestra será un muestro no probabilístico porque se escogerá por conveniencia, dado que no todos los elementos de la población tendrán el mismo comportamiento. La muestra seleccionada es la vivienda ubicada en la calle Los Lirios Mz. V – IV, Lote 43 – Urb. Asociación Pro Vivienda Cápac Manco Cápac I Etapa en el distrito de San Juan de Lurigancho. Lugar de donde se tomarán los parámetros necesarios para el diseño estructural de una vivienda con sistema de albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC.

1.11. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.

1.11.1. Técnicas de instrumentos y recolección de datos.

La técnica que se empleó para la recolección de datos es:

La observación, se usó debido a que el investigador estuvo en el laboratorio, en la cual ha llegado a observar los resultados para su posterior uso en el diseño estructural.

1.11.2. Instrumento.

Los instrumentos empleados son: equipos (para el ensayo de corte en muretes, ensayos a comprensión en pilas y unidades) y software (AutoCAD 2018 y Excel).

1.11.3. Validez y confiabilidad del instrumento.

Según Hernández, et. al. (2014) nos dice que la validez es el nivel, en la cual un instrumento mide la variable lo que intenta medir. Así que, para validar los instrumentos aplicados en el presente estudio, se utilizarán tres profesionales

competentes en la materia, de los cuales serán dos ingenieros civiles y un arquitecto.

1.11.3.1. Confiabilidad

AutoCAD: es un software que nos facilitará a realizar los planos para la vivienda, en las cuales será revisado por un arquitecto y un ingeniero de especialidad de estructuras.

Excel: es una hoja de cálculo que nos permite hacer cálculos de una manera flexible y adaptable. Así mismo este será verificado por un ingeniero especialista en estructuras.

1.11.3.2. Métodos de análisis de datos.

Se realizó una revisión técnica del lugar de estudio, de donde se obtuvo información sobre el estado del terreno (si existe pendiente o no), así también de la municipalidad se consiguió los parámetros urbanísticos.

Por otro lado, no se hizo el estudio de mecánica de suelos (EMS), dado que la norma obliga a partir de 5 pisos, así mismo porque decidimos estudiar más al ladrillo ecológico LTC. En tanto se recopiló los parámetros sísmicos de la zona como factor del suelo y factor de zona. Luego se procedió a diseñar los planos de arquitectura con apoyo de especialistas y a partir de ello, se efectuó la estructuración seguida del pre-dimensionamiento de los elementos estructurales para después iniciar el análisis estructural de cada elemento, para ello se contó con Ms Excel.

Finalmente, una vez diseñado el muro se procedió con el diseño de vigas, columnas de confinamiento. Antes del análisis se ha realizado la verificación de la densidad en muros en Ms Excel.

1.12. Aspectos éticos.

Como investigadores del presente proyecto nos comprometemos a respetar las opiniones de los expertos, así mismo brindar información clara y precisa de los resultados, la cual estará en función a los datos recopilados en campo del elemento estudiado.

III. ASPECTOS GENERALES

2.1. Generalidades.

El proyecto consiste en el diseño de una vivienda unifamiliar de tres niveles, el cual incluye planos de planta, cortes y elevaciones (Ver anexo 03). El área para el desarrollo del proyecto es de 120.00 m². Cuyas medidas perimétricas son:

Frente: 6.00 m

Lado derecho: 20.00 m

Lado izquierdo: 20.00m

Fondo: 20.00 m

2.2. Descripción de proyecto.

El proyecto está ubicado en la calle los Lirios Mz. V – IV Lote 43, Urb. Asoc. Pro Vivienda Cápac Manco Cápac I Etapa, distrito de San Juan de Lurigancho.

Para realizar el diseño arquitectónico se obtuvo primeramente el parámetro urbanístico de dicha zona. (Ver anexo 02)

La edificación será unifamiliar de 3 pisos, cuyos ambientes son:

→ Primer piso:

El primer piso de la vivienda está constituido por 01 garaje, 02 jardines, 01 puerta principal, 01 sala, 01 comedor, 01 cocina, 01 lavandería, 01 SS.HH., 01 escalera interna, 01 cuarto de estudio y 01 tendal.

→ Segundo Piso:

En el segundo piso se encuentra 01 sala, 01 escalera, 01 dormitorio principal, 03 dormitorios y 01 baño.

→ Azotea:

En el tercer piso hay 01 cuarto de depósito, 01 lavandería, 01 dormitorio, 01 sala estar y 01 terraza.

Para la distribución arquitectónica se respetó todos los requisitos del certificado de parámetros urbanísticos.

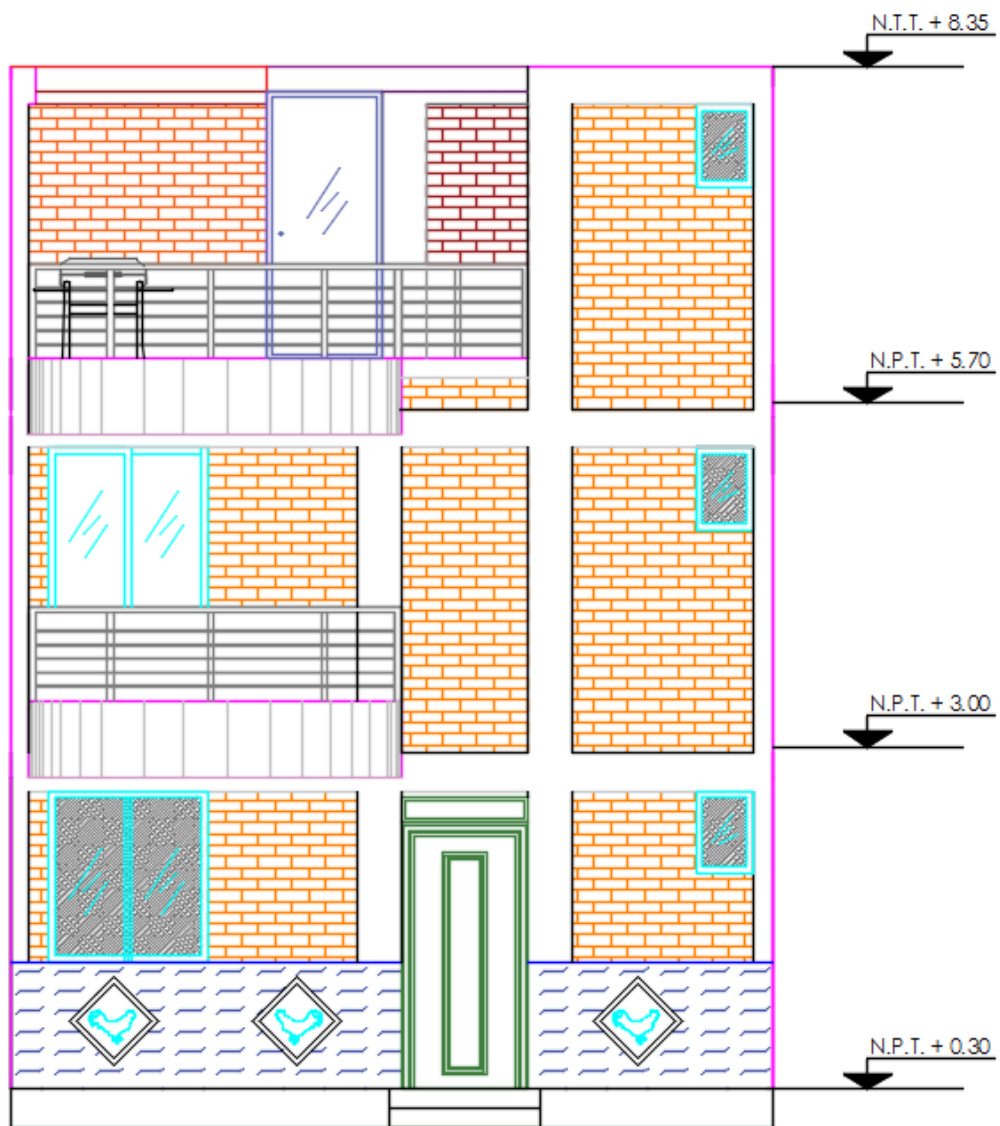


Figura 3. 2. Elevación principal.

Se trató de realizar una buena distribución de los muros tanto para el eje X como Y, para que de esta manera la estructura tenga la rigidez necesaria para actuar frente a fuerzas horizontales. Asimismo, se trató de evitar grandes irregularidades en planta para de esta forma no haya torsión en la estructura.

2.3. Normas empleadas.

E. 020 – Cargas

E.030 – Diseño sismorresistente

E. 050 – Suelos y cimentaciones

E.060 – Concreto armado

E.070 – Albañilería

2.4. Cargas de diseño.

Las cargas son fuerzas externas aplicadas a un determinado elemento. Para el análisis y cálculo de refuerzo en los elementos estructurales de concreto armado se emplean combinaciones de carga.

Las combinaciones según la E. 060 son:

COMB1: $1.4CM + 1.7CV$

COMB2: $1.25(CM + CV) +- SX$

COMB3: $1.25(CM + CV) +- SY$

COMB4: $0.9 CM +- SX$

COMB5: $0.9 CM +- SY$

COMB6: ENVOLVENTE

Donde

CM : Carga muerta

CV : Carga viva

SX : Sismo en eje “X”

SY : Sismo en eje “Y”

2.5. Factores de reducción de capacidad de resistencia.

Se conoce como resistencia nominal (R_n) al valor calculado con las ecuaciones del método de diseño por resistencia.

Los factores de reducción de resistencia son empleados debido a que los cálculos efectuados son aproximaciones, así mismo por la intervención de muchos imprevistos en la realidad, desde la calidad de los materiales hasta la mano de obra. Los factores de resistencia según la norma E. 060 son:

Tabla 3. 1.

Factores de reducción de resistencia.

Flexión	0.90
cortante	0.85
Flexo-compresión	0.75 → Estribos
	0.65 → Espiral

Fuente: Elaboración propia.

2.6. Propiedades de materiales.

a) Concreto.

- **Resistencia ($f'c$):** 210 Kg/cm² (cimentación, columnas, vigas, losas y Escaleras)
- **Módulo de Elasticidad (E_c) :** 15000* $f'c$ ($f'c$ = 210 Kg/cm² y 175 kg/cm² para albañilería)
- **Módulo de Poisson (μ):** 0.20
- **Peso Específico (γ_c):** 2300 Kg/m³ (concreto simple); 2400 Kg/m³ (concreto armado)

b) Acero Grado 60.

- **Resistencia a la fluencia (f_y):** 4 200 Kg/cm²
- **Módulo de elasticidad (E_s) :** 2 000 000 Kg/cm²

2.7. Estructuración y pre-dimensionamiento.

Los pre-dimensionamientos son empleados a base de las experiencias obtenidas, así como de las recomendaciones de los libros de concreto armado.

Este es un procedimiento previo al análisis y diseño de los elementos estructurales, son estimaciones desarrolladas en base a distintas consideraciones desde el peso de la edificación, longitud de las luces a cubrir hasta el uso que se le dará a la estructura, ya sea vivienda, comercio, hospitales, etc.

2.7.1. Muro portante.

2.7.1.1. Cálculo de espesor de Muro

Como se explicó anteriormente el proyecto está ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho, cuya zona sísmica de acuerdo al RNE E.030, le corresponde la zona 4. Así mismo el ancho de nuestro ladrillo ecológico LTC es de 12.50 cm. En consecuencia, verificamos:

La altura del piso es de 2.70 m ($h = 2.70$ m)

$$t \geq \frac{h}{25}$$

$$\begin{aligned} t &= 0.125 \text{ m} \\ h &= 2.70 \text{ m} \end{aligned}$$

$$0.125 \geq 0.108 \quad \text{Ok}$$

De acuerdo a la estructuración se pudo apreciar que hay buena distribución de muros portantes para el eje “Y” y regular para el eje “X”, por ello previamente se realizó el cálculo de densidad en ambas direcciones, logrando cumplir en el eje “Y” mientras en el eje “X” nos vimos en la obligación de poner algunos muros cortos de doble soga (ancho de 25.50 cm, adicionando la junta), esto dado a que el ladrillo tiene un acabado en la superficie superior impidiendo asentar otro (en aparejo de cabeza).

2.7.1.2. Cálculo de densidad de muro

Para calcular la densidad del muro necesitamos conocer el plano estructuración y a partir de ello, identificamos a los elementos muros portantes y de esta manera conoceremos la longitud de cada una de ellas.

Por lo tanto, en la figura 3.3, observamos la distribución de los muros portantes las cuales son continuos hasta el último nivel y con ello evitaremos el cambio de rigidez por piso, dado que este genera torsión en la estructura.

Así mismo, por distribución arquitectónica se observa en la fig. 3.1 y 3.3 que en la sala del primer piso no hay muros portantes en dirección “X” o “Y” para transferir las solicitaciones verticales de los elementos horizontales, por ello, nos vimos en la obligación de utilizar una columna el cual se dimensionará más adelante.

$$\frac{\text{Área de corte de los muros para fuerzas laterales}}{\text{área de la planta típica}} = \frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

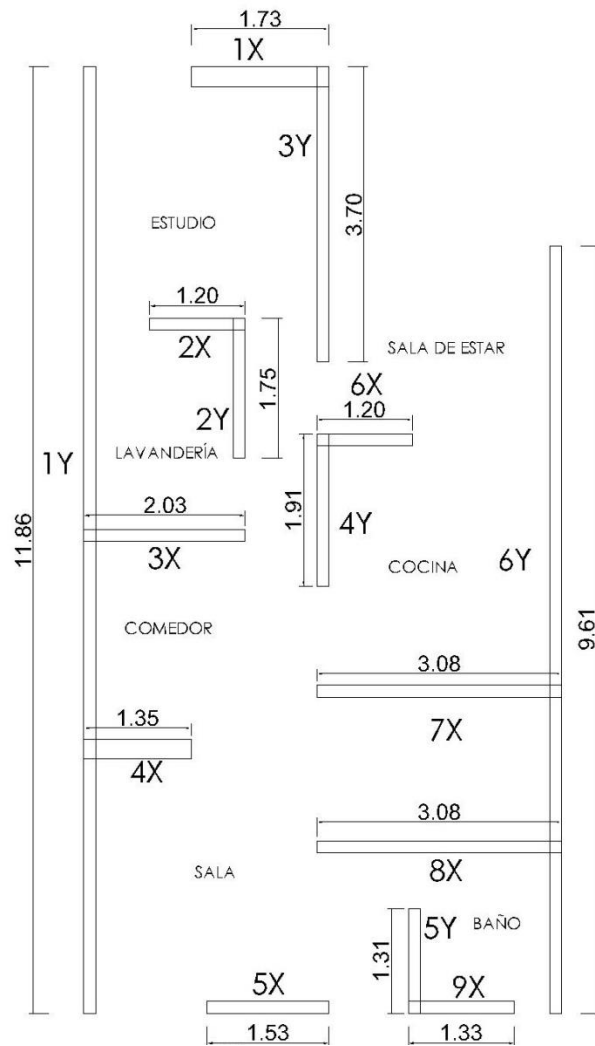


Figura 3. 3. Distribución de muros portantes en la planta del primer piso

Como se explicó anteriormente, ante la insuficiencia de la densidad en el eje “X” nos vimos en la obligación de poner dos muros cortos 1X y 4X de doble soga.

Tabla 3. 2.

Cálculo de densidad de muro en dirección "X" e "Y".

Direccion "X"			Direccion "Y"			
Muro	Longitud del muro y espesor (m)	muro portante l xt (m2)	Muro	Longitud del muro y espesor (m)	muro portante l xt (m2)	
	0.125	0.255		0.125	0.255	
1X		1.73	0.44	1Y	11.86	1.48
2X	1.20		0.15	2Y	1.75	0.22
3X		1.35	0.34	3Y	3.70	0.46
4X	1.53		0.19	4Y	1.91	0.24
5X	1.20		0.15	5Y	1.31	0.16
6X	3.08		0.39	6Y	9.61	1.20
7X	1.20		0.15			
8X	1.33		0.17			
Σ	9.54	3.335	1.98	Σ	30.14	3.77
	12.88			30.14		

Fuente: Elaboración propia.

Como sabemos el proyecto está ubicado en el distrito de San Juan Lurigancho (Zona 4), de igual modo el tipo de uso será vivienda (Cat. C) y la resistencia admisible del terreno con que se trabajara es $q_{adm} = 1.25 \text{ kg/cm}^2$.

Para clasificar el tipo de suelo usaremos la siguiente tabla.

Tabla 3. 3.

Criterio para tipo de suelo en función a la capacidad admisible del suelo.

Criterios Ingenieros Geotecnistas		
Perfil	Tipo de suelo	$q_a \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
So	Roca dura	$6 < q_a \leq 12$
S1	Muy rigida	$3 < q_a \leq 6$
S2	Intermedio	$1.2 < q_a \leq 3$
S3	Blando o flexible	$q_a \leq 1.2$

Fuente: Pre dimensionamiento de elementos estructurales

De acuerdo a la tabla mostrada el tipo de suelo es intermedio. Por ello el perfil del suelo es S2.

Parámetros	Valor	Especificacion
Z	0.45	Zona 4
U	1	Vivienda
S	1.05	Suelo tipo 2
N	3	Nº pisos
Ap	64.58	Area en planta

$$\mathbf{Z.U.S.N} \quad 1.42$$

$$\frac{\mathbf{Z.U.S.N}}{56} \quad \mathbf{0.0253}$$

Direccion X

$$\frac{\sum L \cdot T}{Ap} \quad 0.0328 > 0.0253 \quad \text{Si cumple}$$

Direccion Y

$$\frac{\sum L \cdot T}{Ap} \quad 0.0583 > 0.0253 \quad \text{Si cumple}$$

2.7.2. Losa aligerada unidireccional.

Nuestra losa aligerada será unidireccional porque la distancia entre apoyos no supera los 7 m.

La longitud crítica (Long. mayor) para la losa es 2.93 m.

Se aplicará el criterio de la tabla N° 15.

Tabla 3. 4.

Criterios para pre-dimensionamiento de losa aligerada unidireccional.

Luz libre (m)	Espesor del aligerado (m)	Altura del ladrillo (m)	Espesor de losa maciza (m)
$L \leq 4$	0.17	0.12	0.05
$4 < L \leq 5$	0.20	0.15	0.05
$5 < L \leq 6.5$	0.25	0.20	0.05
$6.5 < L \leq 7.5$	0.30	0.25	0.05

Fuente: Análisis y diseño de edificaciones de albañilería

De acuerdo a la tabla el espesor de la losa es 0.17 m, pero por efectos de sobrecarga y muros de tabiquería usaremos losa de 0.20 m

2.7.3. Losa maciza bidireccional.

La losa maciza será empleada en la llegada de las escaleras.

El espesor de la losa maciza para la llegada de escalera será igual al de la aligerada, para que este sea uniforme.

2.7.4. Pre-dimensionamiento de viga.

Para el diseño de la vivienda de 3 pisos utilizaremos 4 secciones diferentes de viga.

2.7.4.1. Vigas principales (VP).

Las vigas principales o soleras cubrirán el confinamiento horizontal superior del muro así mismo en ambientes en las que hay discontinuidad de muros, como la sala – comedor. Para pre-dimensionar las vigas principales se usó el criterio del sistema aporticado.

La luz libre es: 2.10 m

$$L_n = 2.10 \text{ m}$$

$$\rightarrow h = \left(\frac{L_n}{12} \right)$$

$$h_{\text{viga}} = 0.18 \text{ m} \approx 0.30 \text{ m}$$

$$\rightarrow b = \left(\frac{h}{2} \right)$$

$$b = 0.15 \text{ m} \approx 0.20 \text{ m}$$

Por motivos de evitar cangrejas y por efectos de tabiquería en los pisos superiores se empleará una sección VP = 0.20mx0.30m

2.7.4.2. Vigas Secundarias (VS).

Estas vigas cubrirán ambientes donde no hay muros. Como las losas son aligeradas en una dirección estas cumplirán la función de amarrar las vigas principales. Sus dimensiones serán de VS = 0.20mx0.20m.

2.7.4.3. Vigas de Amarre (VA).

Las vigas de amarre cumplirán la función de confinar a los muros continuos. Cuyas dimensiones serán VA = 0.13mx0.35m.

2.7.4.4. Vigas Dinteles (VD)

Las puertas y ventanas serán proyectadas hasta las vigas principales y secundarias, de esta manera para el presente proyecto nuestras vigas dinteles serán; VP = 0.20mx0.30m y VS = 0.20mx0.20m.

2.7.4.5. Vigas Bajas (VB)

Las vigas bajas se usarán como confinar los aleros del aligerado, para ello estos estarán paralelo a las viguetas de la losa. Cuya dimensión será VB = 0.10mx0.15m.

2.7.5. Cimientos.

Es el elemento estructural que se encarga de transmitir las cargas de la superestructura al terreno. Para ello debe de verificarse la presión en este a fin de evitar fallas en el suelo.

$$A_{cimiento} = \frac{P}{q_a}$$

Donde:

P: Carga de servicio o peso de la estructura de acuerdo a el área tributaria

q_a: Capacidad portante del suelo kg/cm²

2.7.6. Columnas.

Debido a la distribución arquitectónica existirá una columna principal en la sala (C1). Las demás columnas serán de confinamiento.

2.7.6.1. Columna principal (C6)

Es una columna central y su área tributaria es 8.56 m².

$$A_{COL} = \frac{P_{servicio}}{0.45 \times f'_c}$$

$$P_{servicio} = P \times A_{tributaria} \times N^{\circ} \text{pisos}$$

DATOS:

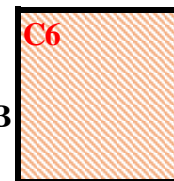
USO: * Edificios Comunes

$$\begin{aligned} P &= 1000 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Atrib. C1} &= 36.00 \text{ m}^2 \\ N^{\circ} \text{pisos} &= 3 \text{ Pisos} \\ f'_c &= 210 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$P_{serv.} = 108000 \text{ kg}$$

$$A_{col} = 1142.86 \text{ cm}^2$$

$$L1 = 1.6 \times B$$



$$L2 = B$$

$$A_{col} = 1.6B \times B$$

$$B = \sqrt{\frac{A_{col}}{1.6}}$$

Entonces,

L1 =	42.76 cm		L1 col =	0.40 m
L2 =	26.73 cm		L2 col =	0.25 m

USAR: *0.25 m x 0.40 m*

Por tanto, emplearemos una sección de C6 = 25mx40m.

2.7.6.2. Columnas de confinamiento

Las columnas de confinamiento C1, C2, C3 y C5 serán de 0.13mx0.35m y su separación es menor a 4 m. Las columnas de confinamiento C4 será de 0.13mx0.55m.

2.7.7. Escaleras.

La escalera será en forma de “L” de dos tramos. El espesor de la losa será de 15 cm, y su ancho de acuerdo al plano de arquitectura es de 0.90m.

2.8. Ladrillos ecológicos LTC.

Los materiales utilizados para la fabricación de los ladrillos ecológicos de tierra comprimida (LTC), fueron la tierra, el cemento y el agua. Cuya dosificación empleada es:

Dosificación LTC	
Materiales	Porcentaje
Cemento	15.00%
Agua	10.00%
Tierra	75.00%

El material tierra para la fabricación de ladrillos fue adquirido en el distrito de Pilcomayo-Huancayo.

Se definió que los ladrillos ecológicos LTC tengan las siguientes características y medidas.

Ladrillo ecológico LTC normal.

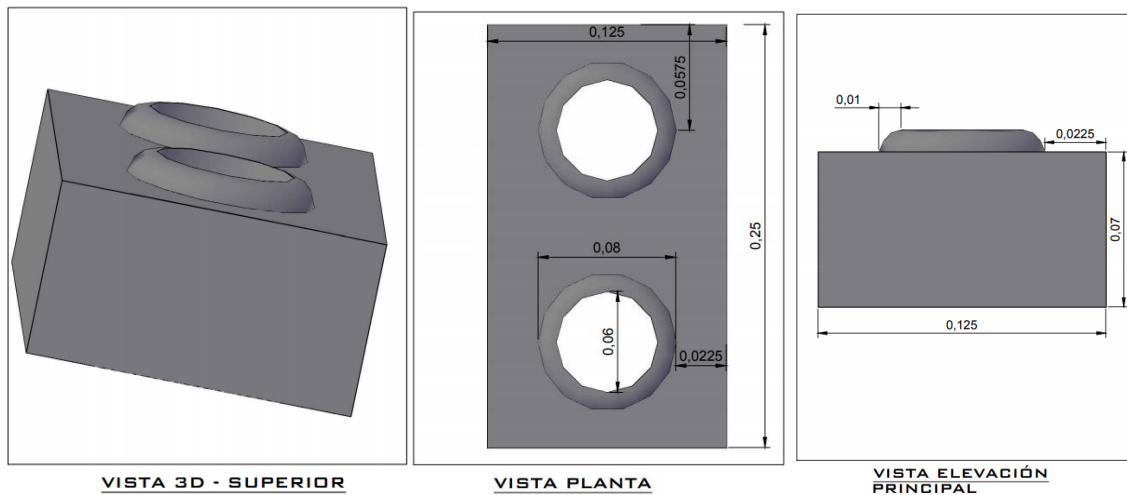


Figura 3. 4. Vistas 3D y dimensiones del ladrillo ecológico LTC normal para muro.

Las medidas del ladrillo ecológico en la figura 12 están en metros. También como se mencionó anteriormente estas unidades serán emplearán en los muros portantes.

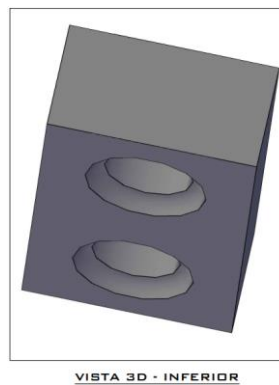


Figura 3. 5. Vistas 3D inferior del ladrillo ecológico LTC.

La tierra utilizada para la fabricación de los ladrillos ecológicos presentó las siguientes características.

2.8.1. Ensayos del suelo a utilizar para la fabricación de unidades.

2.8.1.1. Análisis granulométrico por tamizado.

Este ensayo se realizó con la finalidad de que se transmita mayor información acerca de las características del suelo, dado que este determina cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de las partículas.

Para el análisis granulométrico por tamizado se utilizó 2.5 kg de muestra y el procedimiento se hizo mediante la norma ASTM D-422.

La muestra fue tamizada en seco, porque presentaba terrones de arcillas, las cuales

se desintegraban con facilidad cuando se presionaba con los dedos.

Tabla 3. 5.

Análisis granulométrico del suelo a utilizar para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.

Tamiz	Abertura (mm)	Pesos Retenidos	% Pesos Retenidos	% Retenidos Acumulados	% que Pasa
1"	25.40	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.05	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.70	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.53	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/4"	6.35	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 8	2.38	0.12	4.93%	4.93%	95.07%
N° 10	2.00	0.18	7.21%	12.14%	87.86%
N° 20	0.84	0.24	9.46%	21.59%	78.41%
N° 30	0.59	0.32	12.90%	34.50%	65.50%
N° 40	0.43	0.36	14.42%	48.92%	51.08%
N° 60	0.25	0.31	12.42%	61.34%	38.66%
N° 100	0.15	0.26	10.42%	71.75%	28.25%
N° 200	0.07	0.29	11.42%	83.17%	16.83%
< N° 200		0.42	16.83%	100.00%	0.00%
Peso de la muestra		2.50 kg	100.00%		

Fuente: Elaboración propia

En total se utilizaron 14 tamices y las partículas empezaron a retenerse en la malla N° 8.

A continuación, se presenta la gráfica del análisis granulométrico, donde se representa en forma de curva el porcentaje del material que pasa las diferentes aberturas de las mallas.

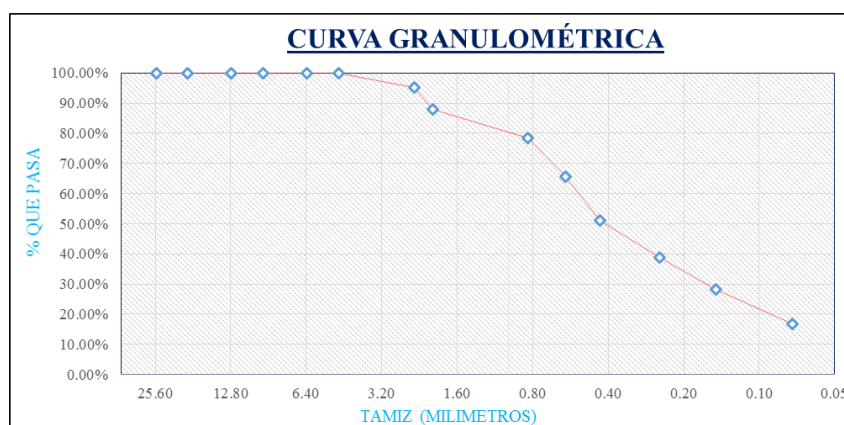


Figura 3. 6. Curva granulométrica del suelo que se utilizó en la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.

2.8.1.2. Límite líquido, plástico e índice de plasticidad.

Según Toirac (2008) los contenidos de humedad tanto del Límite Líquido y Límite Plástico, se recomienda tener estos intervalos; Límite líquido < 45% y Límite plástico < 18%, para que así se tenga una mejor mezcla de suelo y cemento.

A) Límite líquido.

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje que indica que, por debajo de este, el suelo presentará un comportamiento plástico. Por otro lado, si se supera este porcentaje el suelo está sujeto a cambiar su comportamiento como al de un fluido viscoso.

Se tomó una muestra de 190 gr. que pasaron el tamiz N° 4 (0.425 mm), las cantidades de agua fueron incrementados de a poco para evitar perder las muestras. En total se hicieron 3 veces el ensayo, donde los golpes estuvieron dentro de los rangos establecidos (25-35; 20-30 y 15-25), y posteriormente las muestras fueron pesadas y secadas en el horno durante 24 horas. Las velocidades fueron aproximadamente de 2 golpes por segundo en la Cuchara de Casagrande.

Tabla 3. 6.

Límite líquido del suelo a utilizar para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.

	LÍMITE LIQUIDO		
# RECIPIENTE	1	2	3
Nro. DE GOLPES	18	28	35
SUELO HUMEDO	0.051	0.060	0.076
MUESTRA SECA	0.039	0.048	0.064
PESO DEL AGUA	0.012	0.012	0.012
PESO SUELO SECO	0.039	0.048	0.064
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	31.61	25.00	18.44

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro se puede observar que la cantidad de agua introducida al suelo varió en función a los números de golpes, es decir que, si uno quería que la ranura se cerrase entre 25 a 35 golpes, se introdujera menor cantidad de agua que para uno de 15 a 25 golpes.

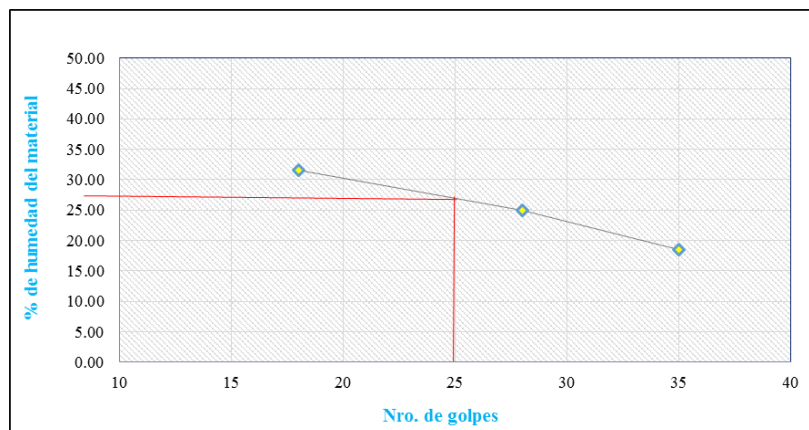


Figura 3. 7. Curva para obtención del límite líquido del suelo que se utilizó en la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.

De acuerdo a la gráfica mostrada en la figura 13, el contenido de humedad que corresponde a 25 golpes es 28%, por lo tanto, este es nuestro límite líquido.

B) Límite plástico.

Es el contenido de humedad que indica que por debajo de este el material puede considerarse como no plástico. En consecuencia, se puede decir que es la humedad mínima con la que se puede realizar o formar barritas de 3.2mm de diámetro.

Para este ensayo también se tomó muestra pasante el tamiz N° 4, así mismo el secado de este se hizo en el horno. Este ensayo se realizó respetando la norma ASTM D-4318.

Tabla 3. 7.

Límite plástico del suelo a utilizar para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.

LÍMITE PLÁSTICO				
# RECIPIENTE	4	5		
Nro. DE GOLPES	---	---	I	12.90
SUELO HUMEDO	17.50	21.00	III	15.19
MUESTRA SECA	15.50	18.23		
PESO DEL AGUA	2.00	2.77	=	14.05
PESO SUELO SECO	15.50	18.23		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.90	15.19		

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, el límite plástico obtenido fue 14.05%.

C) Índice de plasticidad.

El índice de plasticidad es calculado a través de la diferencia entre el límite líquido y plástico. Según la norma ASTM D-4318, si el límite líquido o el límite plástico no puedan calcularse, automáticamente se utilizará para el índice de plasticidad la abreviatura NP que hace referencia a No Plástico. Este también es aplicable cuando el límite plástico es mayor o igual al límite líquido.

Para nuestro caso el índice de plasticidad es:

LIMITE DE PLASTICIDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD
<i>LIMITE LIQUIDO</i> :	28 %
<i>LIMITE PLASTICO</i> :	14 %
<i>INDICE DE PLASTICIDAD</i> :	14 %

En consecuencia, nuestros resultados están dentro de lo recomendado por Toirac (2008).

2.8.1.3. Clasificación de suelos del material que se utilizó para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.

a) Clasificación por la metodología AASHTO.

Para clasificar el tipo de suelo utilizamos la tabla del sistema de clasificación AASHTO.

Comenzamos a simplificar las opciones según la tabla de granulometría, en la tabla de análisis granulométrico se observa que el material es granular, en vista a que menos del 35% (16.83%) pasa el tamiz N° 200.

Se determinó que el suelo es tipo A-2-6 (limos o gravas arcillosas y arena), siendo un material de excelente a bueno.

Tabla 3.8.

Clasificación del suelo a utilizar para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC con el sistema de clasificación AASHTO.

Tabla 3. 8.

Clasificación del suelo a utilizar para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC con el sistema de clasificación AASHTO.

Clasificación general	Material granular (35% o menos del total pasa No.200)						
Grupo de clasificación	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis de tamices (porcentaje que pasa)							
No. 10	50 max						
No. 40	30 max	50 max	51 max				
No. 200	15max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max
Caracteriastis de la fraccion que pasa No.40							
Limite Liquido				40 max	41 max	40 max	41 max
Indice de plasticidad	6 max		NP	10 max	10 max	11 max	11 max
Tipos usuales de materiales que consta	Fragmentos petreos grava y arena		Arena fina	Limos o gravas arcillosas y arena			
Valorizacion general del subgrupo			Excelente a bueno				

Fuente: Principles of Geotechnical Engineering, Braja M. Das (1998)

b) Clasificación por la metodología SUCS.

La metodología SUCS utiliza los símbolos para clasificar al suelo, esto en función a la granulometría que este posee, así como también a su característica física.

Para determinar si el suelo es fino o grueso se debe verificar el porcentaje de suelo que pasa el tamiz N° 200, de tal manera que, si pasa más del 50%, la muestra estará conformado principalmente por partículas finas y si no fuese así la muestra será denominado grueso. El suelo estudiado fue clasificado como material grueso, dado que solo el 16.83% pasa el tamiz N° 200.

Así mismo la metodología sostiene que dentro de la categoría suelo grueso, las gravas y arenas se separan en la malla N° 4 (4.75 mm), es por eso que establece que si más del 50% del suelo queda retenido en la malla N° 4, el suelo pertenecerá al grupo de gravas (G), caso contrario el suelo formará parte del grupo arenas (S).

Para nuestro caso el 100% de nuestro suelo pasa la malla N° 4, por lo cual nuestra muestra está en el grupo de arenas (S).

Para clasificar utilizaremos la tabla N° 20, el cual asigna un grupo de acuerdo

al porcentaje de material pasante el tamiz N° 200. En los resultados mostrados en la tabla de análisis granulométrico se aprecia que solo el 16.83% pasa el tamiz N° 200.

Tabla 3. 9.

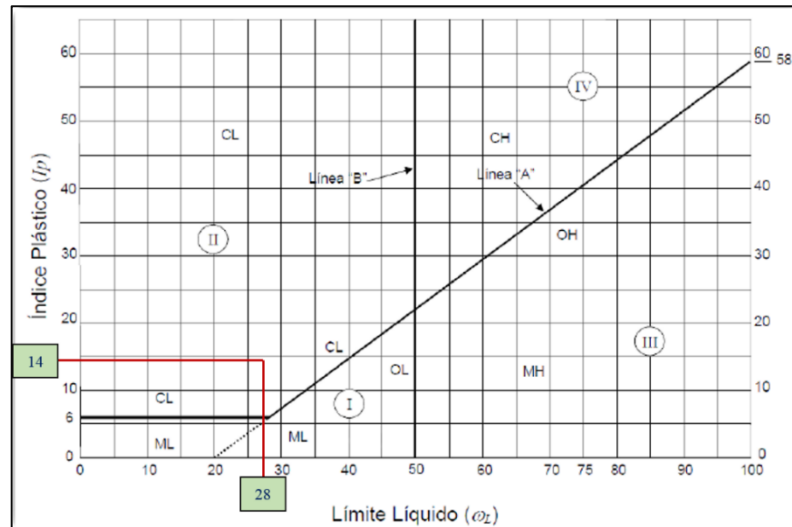
Clasificación de grupo del suelo a utilizar para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.

Grupo	Pasa No 200	Clasificación SUCS	Se evalúa
I	<5%	GW	Cu , Cc
		GP	
		SW	
		SP	
II	5% - 12%	GW-GM	Cu , Cc, IP, LL
		GW-GC	
		GP-GM	
		GP-GC	
		SW-SM	
		SW-SC	
		SP-SM	
		SP-SC	
III	12% - 50%	GM	IP, LL
		GC	
		SM	
		SC	
IV	>50%	ML (OL)	IP, LL
		MH (OH)	
		CL	
		CH	
		CL-ML	

Fuente: Mecánica de suelos – Lucio Gerardo.

De acuerdo a la tabla mostrada, nuestro suelo está en el grupo III y como determinamos anteriormente que el suelo está conformado por arena, tenemos dos opciones, es decir, que el suelo sea clasificado como arena limosa (SM) o como arena arcillosa (SC). Entonces para definir esto utilizaremos el límite líquido y el índice de plasticidad, las curvas serán proyectadas en la carta de plasticidad.

Tabla 3. 10.
Clasificación de suelo con la carta de plasticidad del suelo.



Fuente: Clasificación de suelos SUCS – Díaz Pardavé.

Por lo tanto, nuestro suelo es arena arcillosa de baja plasticidad (SC – L).

2.8.2. Fabricación del ladrillo ecológico LTC.

En la figura 3.8, se muestra la tierra utilizada, en la fabricación de los ladrillos ecológicos.



Figura 3. 8. Mezclado de materiales según dosificación para elaboración del ladrillo ecológico.

El curado del ladrillo ecológico LTC fueron 3 días, así mismo el secado también fue 3 días. Las unidades realizadas no presentaron aberturas o fisuras por el secado.

Por otro lado, fue importante humedecer el suelo un día antes de trabajarlo, dado que este material posee un esponjamiento con la humedad. Esto se decidió a partir de que

en la prueba se obtuvo ladrillos con diferentes dimensiones al patrón establecido.



Figura 3. 9. Vista final del ladrillo ecológico de tierra comprimida.

Los moldes empleados para la fabricación de estas unidades fueron realizados de acero, de un espesor aproximado de 0.5 cm.

De igual modo se vio necesario utilizar una prensa hidráulica de 10 Tn de capacidad para la presión de las unidades (Figura 18), aunque solo se aplicó 7 Tn, para cada una de ellas.

Por otro lado, para el mezclado de los materiales se usó la mezcladora trompito.



Figura 3. 10. Prensa hidráulica para la presión de las unidades y la mezcladora trompito.

En total se fabricaron alrededor de 250 ladrillos ecológicos LTC en dos días, esto en tiempos parciales, por algunas interferencias climáticas, dado que se puede fabricar de 145 -150 unidades por hora, por lo cual para determinar el precio unitario podemos emplear un rendimiento de 1150 – 1220 ladrillos por jornada (8 horas) y si hablamos

de una sola unidad, pues tan solo toma de 20 -30 segundos. Por otro lado, en la mano de obra intervinieron 3 personas, aunque 1 en tiempo parcial.



Figura 3. 11. Ladrillos ecológicos LTC.

Las unidades fueron fabricadas en un predio ubicado en la ciudad de Huancayo y la tierra empleada fue extraída de una cantera ubicada en Chongos Baja – Huancayo, Así mismo encontramos otras investigaciones en camino, que se vienen realizando con el material obtenido de esta cantera.

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de estructuras de la Universidad Peruana Los Andes - Huancayo.

En el traslado de los ladrillos ecológicos LTC al laboratorio de materiales de la Universidad Peruana Los Andes para los ensayos correspondientes no se encontraron muchos desperdicios.



Figura 3. 12. Traslado de los ladrillos ecológicos LTC al laboratorio de estructuras.

IV. RESULTADOS

2.9. Sistema de albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC.

2.9.1. Unidad de albañilería.

La unidad fabricada, fue denominada ladrillos ecológicos, porque es manipulable tanto por su peso como su dimensión con una sola mano. El peso de los ladrillos es aproximadamente de 3kg.

Por otro lado, las dimensiones patrones de las unidades son 12.5 cm (ancho), 25 cm (largo) y 7 cm (altura).

Los alveolos del ladrillo tienen un diámetro de 6 cm cada uno.

<i>DIMENSIONES DEL LADRILLO</i>			
Ancho (cm)	Largo (cm)	Altura (cm)	Ø Abertura (cm)
12.50	25.00	7.00	6.00

Área bruta =	312.50
Área de vacío =	56.55

% de vacío =	18.10%
% de sólido =	81.90%

El porcentaje de área neta del ladrillo en el plano donde se asentará las unidades es de 81.90%, siendo este mayor a 70% que se requiere para clasificarla como sólido según la norma E.070. Por lo tanto, el ladrillo ecológico LTC es clasificada como sólido.

2.9.2. Ensayo de absorción en unidades

Mientras mayor sea la absorción del agua, la unidad se hará más porosa y por ello este perderá su resistencia inicial. Según la norma E.070 la absorción máxima para unidades de arcilla y sílico calcáreas es de 22%.

Se sometieron al ensayo 5 ladrillos ecológicos LTC durante 24 horas, las cuales tenían 35 días de vida.

Tabla 4. 1.

Resultados de ensayo de absorción a unidades (NTP 399.613:2017).

INDICADO_	P. SECO	P. SATURADO	CONTENIDO	%	σ	
RES	(kg.)	(kg.)	DE AGUA (%)	PROMEDIO	ESTÁNDAR	
M1	2,976	3,440	15,6%			
M2	3,113	3,538	13,7%			
ABS. M3	3,298	3,729	13,1%	14,0%	±	1,1%
M4	3,258	3,736	14,7%			
M5	3,298	3,725	12,9%			

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio se vio que en promedio las unidades absorben 14% de agua.

2.9.3. Resistencia a compresión unidades.

Las unidades ensayadas fueron 03 en estado seco y 03 en estado húmedo, esto para ver la variación de resistencia en ambos estados. Los ladrillos ecológicos LTC ensayadas tuvieron 28 días de vida.

Tabla 4. 2.

Resultados del ensayo a compresión de ladrillos ecológicos LTC secas (NTP 399.613:2017).

INDICADORES	Lo	Ao	A(bruta)	A(neta)	Resultado	C
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ²)	(KN)	(kg/cm ²)
M1	24.910	12.540	312.37	255.82	190.96	76.15
SECA M2	25.660	12.530	321.52	264.97	182.84	70.39
M3	24.910	12.540	312.37	255.70	181.98	72.57
C promedio						73.04
$\sigma (\pm)$						2.91
Resultado						70.13

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a compresión de los ladrillos ecológicos LTC en estado seco (f' b) dio como resultado un promedio de 70.13 kg/cm², siendo esto equivalente con el ladrillo tipo II (70 kg/cm²), según la norma E. 070.

Así mismo se realizó la compresión de ladrillos ecológicos LTC en estado húmedo, las cuales estuvieron sometidos durante 24 horas. Los resultados obtenidos fueron los siguientes.

Tabla 4. 3. *Resultados del ensayo a compresión de ladrillos ecológicos LTC húmedas (NTP 399.613:2017)*

INDICADORES		Lo (cm)	Ao (cm)	A(bruta) (cm ²)	A(neta) (cm ²)	Resultado (KN)	C (kg/cm ²)
HUMEDA	M1	24.910	12.540	312.37	255.73	147	58.62
	M2	25.660	12.530	321.42	264.87	131	50.43
	M3	24.910	12.540	312.25	255.70	143	57.03
C promedio							55.36
$\sigma (\pm)$							4.34
Resultado							51.02

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a compresión axial de las unidades húmedas (f'_b) dio 51.02 kg/cm². Con ello encontramos que los ladrillos ecológicos LTC pierden aproximadamente el 27% de su resistencia inicial (estado seco).

2.9.4. Ensayo de densidad de ladrillos ecológicos LTC.

La densidad de las unidades depende generalmente de los áridos, tamaño de la granulometría de las partículas y del grado de compactación de estos.

Tabla 4. 4.

Resultados del ensayo de densidad de ladrillos ecológicos LTC húmedas (NTP 399.613:2017).

INDICADORES	Lo (cm)	Ao (cm)	A(bruta) (cm ²)	A(neta) (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (gr)	Densidad (gr/cm ³)
M1	24.91	12.54	312.28	255.73	1795.21	2976.00	1.66
M2	25.66	12.53	321.42	264.87	1884.58	3113.00	1.65
M3	24.91	12.54	312.25	255.70	1787.96	3298.00	1.84
M4	24.94	12.55	312.87	256.32	1780.16	3258.00	1.83
M5	24.79	12.54	310.77	254.22	1755.41	3298.00	1.88
Densidad mínima							1.65

Fuente: Elaboración propia.

Los ladrillos ecológicos LTC ensayados, tienen una densidad mínima de 1.65 gr/cm³, siendo este mayor que la densidad mínima 1.50 gr/cm³, establecida para ladrillos de arcilla cocida.

2.9.5. Ensayo de variación dimensional en ladrillos ecológicos LTC.

El ensayo consiste en medir todas las aristas del ladrillo.

En total se utilizaron 5 ladrillos ecológicos LTC para este ensayo. Se tomaron las medidas del ancho, largo y altura de cada unidad, cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 4. 5.

Resultados del ensayo de variación dimensional (largo) de ladrillos ecológicos LTC húmedas (NTP 399.613:2017).

INDICADORES		L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	Lo (cm)
LARGO	M1	24.90	24.92	24.91	24.92	24.91
	M2	27.90	24.92	24.91	24.90	25.66
	M3	24.90	24.91	24.91	24.90	24.91
	M4	24.95	24.94	24.94	24.93	24.94
	M5	25.00	24.98	24.99	24.18	24.79
		<i>Le</i>				25.00
		$\sigma (\pm)$				0.35
		C.V.				1.40%

Fuente: Elaboración propia.

<i>L promedio</i>	25.04
<i>Variac. = L prom. - Le</i>	0.04
<i>% Variación =</i>	0.16%

En la tabla mostrada se puede apreciar que el porcentaje de variación en la longitud del ladrillo es de 0.16%, siendo este menor al máximo permitido (1%), establecido en la norma E.070 para ladrillos industriales de arcilla.

Para el caso de variación dimensional del ancho del ladrillo tenemos los siguientes resultados.

Tabla 4. 6.

Resultados del ensayo de variación dimensional (ancho) de ladrillos ecológicos LTC húmedas (NTP 399.613:2017).

INDICADORES		A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	Ao (cm)
ANCHO	M1	12.55	12.53	12.55	12.51	12.54
	M2	12.53	12.53	12.52	12.53	12.53
	M3	12.55	12.53	12.53	12.55	12.54
	M4	12.55	12.54	12.55	12.54	12.55
	M5	12.54	12.52	12.51	12.58	12.54
		<i>Ae</i>				12.50
		$\sigma (\pm)$				0.01
		C.V.				0.05%

Fuente: Elaboración propia.

<i>A promedio</i>	12.54
<i>Variac. = A prom. - Ae</i>	0.04
<i>% Variación =</i>	0.30%

En el ancho la variación dimensional es 0.30%, siendo menor a 1%.

Para el caso de la variación de altura del ladrillo, Barrientos (2015) manifiesta que este ensayo nos da a conocer que mientras la variación de altura sea grande, se requerirá un mayor grosor de junta horizontal, el cual perjudica la resistencia de los

muros tanto a compresión como fuerza cortante.

Tabla 4.7.

Resultados del ensayo de variación dimensional (altura) de ladrillos ecológicos LTC húmedas (NTP 399.613:2017).

Tabla 4. 7.

Resultados del ensayo de variación dimensional (altura) de ladrillos ecológicos LTC húmedas (NTP 399.613:2017).

INDICADORES		H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)	Ho (cm)
ALTURA	M1	7.05	7.00	7.00	7.03	7.02
	M2	7.15	7.15	7.15	7.01	7.12
	M3	7.00	7.00	6.98	6.99	6.99
	M4	6.92	6.96	6.93	6.97	6.95
	M5	6.90	6.90	6.90	6.92	6.91
<i>He</i>						7.00
$\sigma (\pm)$						0.08
C.V.						1.14%

Fuente: Elaboración propia.

<i>H promedio</i>	7.00
<i>Variac. = H prom. - He</i>	0.00
<i>% Variación =</i>	-0.06%

El porcentaje de variación de la unidad fabricada con respecto a la medida patrón es de 0.06%, siendo este menor al máximo permitido (1%). En consecuencia, el ladrillo ecológico LTC, cumple con lo establecido en la norma E.070.

Los coeficientes de variación obtenidos de los ensayos ($CV \leq 20\%$) muestran que los ladrillos ecológicos LTC son homogéneos.

2.9.6. Resistencia a compresión pilas.

Para la construcción de las pilas y muretes se utilizó un mortero con la siguiente dosificación:

Dosificación Mortero	
Cemento	1
Arena	3
Agua	Cant. Neces.

La arena empleada para las juntas fue zarandeada a través de una malla de 1/2". Del mismo modo la arena que se utilizó para el concreto que se vertió sobre los dos alveolos fue zarandeada a través de una malla de 1", cuya dosificación fue la misma utilizada para el mortero. Las juntas horizontales y verticales tuvieron un espesor de

0.5 cm por motivos de utilizar a los muros como caravista y de esa manera obviar el tarrajeo de las paredes.

Es importante precisar que para el caso de los muretes solamente se vertió concreto sobre los dos alveolos extremos.



Figura 4. 1. Vaciado de concreto en los alveolos de los muretes.

Los ladrillos ecológicos LTC transportados al laboratorio no presentaron daños, por ello la cantidad de desperdicios es menor al de los ladrillos de arcilla cocida.

Se realizaron 3 ensayos a compresión de pilas con altura de 63 cm cada una, según la norma E.070 de Albañilería establece que para ensayos a pilas se debe tener una altura mínima de 40 cm. Para la construcción de la pila se utilizó dispositivos tales como el nivelador, la regla, etc. Así mismo una vez finalizada para efectos que los esfuerzos fluyan a través del eje neutral de las pilas se realizó el capeo correspondiente tanto en la parte superior como inferior y de esta manera uniformizar el contacto pila-dispositivo. La velocidad de carga fue variable.

En general las pilas llegaron a tener falla por corte, grietas verticales que atravesaron el ladrillo ecológico LTC y las juntas del mortero, esto ocurre dado que el elemento pila empieza a expandirse lateralmente (tracción) producido por la compresión aplicada. Por otra parte, no se presentó fallas por trituración de los ladrillos, el cual es bueno, dado que este tipo de falla es frágil por su forma explosiva de despedazarse, es decir que, si este a pesar de presentar este tipo falla es utilizada para elementos

con fines estructurales, la edificación probablemente se desmorone frente a un acontecimiento sísmico.



Figura 4. 2. Falla por grietas verticales que atraviesa tanto al ladrillo LTC como al mortero de la pila P3.

Las fallas fueron similares en las tres muestras las cuales se describen con mayor amplitud en el anexo 14.

Tabla 4. 8.

Dimensiones de las pilas sometidas a compresión axial y cálculo de factor de corrección.

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS						
INDICADORES		h	Lo	t	Esbeltez	Factor de corrección
		(cm)	(cm)	(cm)	(h/t)	
PILA	M1	39.500	24.970	12.53	3.15	0.92
	M2	39.300	24.950	12.55	3.13	0.92
	M3	39.500	24.930	12.53	3.15	0.92

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la resistencia admisible de cada pila (f_m) se obtuvo con la división de la carga de la rotura entre su área bruta o área de contacto con la unidad del ladrillo ecológico LTC y multiplicado por el factor de esbeltez corregido. Luego se halló la resistencia a compresión de las pilas (f'_m), restando la desviación estándar al promedio de los valores f_m .

Tabla 4. 9.
Resistencia a la compresión axial de las pilas.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS (NTP 399.605:2004)						
INDICADORES		Área (cm ²)	Carga (KN)	Carga (kg)	Factor de corrección	f'm (kg/cm ²)
PILA	M1	312.87	101.480	10348.08	0.92	30.43
	M2	313.12	124.940	12740.33	0.92	37.43
	M3	312.37	149.030	15196.83	0.92	44.76
C promedio						37.54
$\sigma (\pm)$						7.17
Resultado						30.37

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia obtenida en las 3 muestras estuvo variada casi 7 kg/cm² de diferencia. Finalmente restando al promedio de ellas la desviación estándar la resistencia es 30.37 kg/cm². Para el diseño se utilizará f'm = 30 kg/cm².

2.9.7. Resistencia a corte de muretes.

Se realizó 3 ensayos de muretes con dimensiones de 0.60 x 0.63 m (cumpliendo con la Norma E.070, que menciona como mínimo 0.60 m x 0.60 m). Las juntas verticales y horizontales fueron 0.50 cm de espesor, por motivos de emplear en muros caravistas y de esta manera omitir el tarrajeo. Por otro lado, al igual que las pilas se colocó el capeo correspondiente en los extremos para uniformizar la superficie de contacto muro-dispositivo. La velocidad de carga aplicada para el ensayo a compresión fue variada.

Tabla 4.10.

Dimensiones y cargas máximas aplicadas a los muretes.

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS					
INDICADORES		Alto (cm)	Ancho (cm)	t (cm)	Diagonal (cm)
MURETE	M1	45.280	53.120	12.53	69.80
	M2	45.110	52.130	12.55	68.94
	M3	43.170	51.380	12.53	67.11

Fuente: Elaboración propia.

En los muretes se presentaron fallas por corte, conformado por grietas diagonales de pequeñas aberturas, de esta manera se estableció que hubo una buena adherencia entre de mortero y los ladrillos ecológicos de tierra comprimida.

Las fallas fueron similares en los 3 muretes ensayados.



Figura 4. 3. Falla por corte (grietas diagonales que atraviesan la junta y el ladrillo).

La resistencia a corte puro (V_m), se obtiene al dividir la carga de rotura aplicada entre el área bruta de la diagonal que estuvo en contacto.

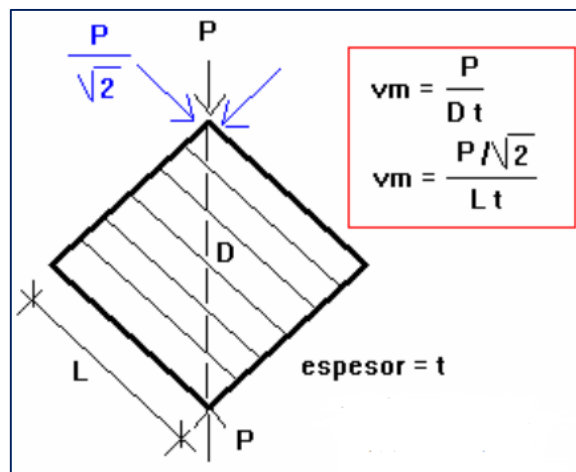


Figura 4. 4. Corte puro en muretes (Comentarios norma E.070 Albañilería – Sencico).

Tabla 4.11.

Resistencia a la compresión diagonal de los muretes.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES				
(NTP 399.621:2004)				
INDICADORES	Ad (cm ²)	Carga (KN)	Carga (kg)	V'm (kg/cm ²)
MURETE	M1	874.59	51.090	5209.73
	M2	865.17	41.970	4279.75
	M3	840.87	44.970	4585.66
C promedio				5.45
σ (±)				0.51
Resultado				4.95

Fuente: Elaboración propia.

Según la Norma E.070, para el diseño se deberá utilizar según la siguiente expresión:

$$V'm \leq \sqrt{f'm}$$

Reemplazando los valores obtenemos $4.95 \leq 32.72 \text{ kg/cm}^2$, indicando que si cumple.

2.9.8. Análisis por sismo moderado de la vivienda de 3 pisos.

Previamente en el capítulo anterior se realizó la estructuración, así como el predimensionamiento de los elementos estructurales con los que conformará la vivienda analizada, así mismo se describió los espacios con los que este contará. Por otro lado, también se hizo la verificación de densidad de muros en ambas direcciones.

2.9.8.1. Verificación de los muros portantes por carga vertical.

Se debe realizar una verificación del esfuerzo actuante axial (σ) producido por la carga vertical máxima de servicio, es decir considerando el 100% de la carga viva. El esfuerzo mencionado deberá ser menor al esfuerzo axial máximo (σ_m) y al esfuerzo axial máximo ($\sigma'm$).

Las propiedades de los materiales para el análisis y diseño de la edificación son:

Concreto:

* Resistencia a compresión	$f'_c =$	210.0 kg/cm ²
* Módulo de elasticidad $E_c = 15000 \times \sqrt{f'_c}$	$E_c =$	217370.7 kg/cm ²
* Módulo de poisson	$\nu_c =$	0.15
* Módulo de corte $G = E_c/2.3$	$G =$	94509.0 kg/cm ²

Albañilería:

* Dimensiones del ladrillo	12.5x7x25 cm ³	
* Resistencia a compresión axial de unidades	$f'_b =$	70.0 kg/cm ²
* Resistencia a compresión (pilas)	$f'_m =$	30.0 kg/cm ²
* Resistencia a corte (muretes)	$V'm =$	4.95 kg/cm ²
* Módulo de elasticidad longitudinal $E_m = 500 \times f'_m$	$E_m =$	15000.0 kg/cm ²
* Módulo de elasticidad transversal $G = 0.40 \times E_m$	$G =$	6000.0 kg/cm ²
* Módulo de poisson	$\nu_a =$	0.25

Acero corrugado:

* Esfuerzo de fluencia	$f_y =$	4200.0 kg/cm ²
* Módulo de elasticidad	$E_s =$	2100000.0 kg/cm ²
* Esfuerzo de fluencia	$\xi =$	0.0021

A) Verificación de los muros por carga vertical

> Esfuerzo actuante

$$\sigma_a = \frac{P_g}{I..t}$$

> **Esfuerzo admisible**

Para nuestra aplicación el esfuerzo axial admisible será:

$$\sigma_a \leq \sigma_{m1} = 0.2 \times 65 \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15 \times f'_m$$

$\sigma_{m1} =$	4.19 kg/cm ²
$\sigma_{m2} =$	5.57 kg/cm ²

$0.15 \times f'_m =$	4.50 kg/cm ²
----------------------	-------------------------

Peso de muro = 1800 kg/cm³

Peso aligerado = 300 kg/m²

Peso concreto = 2400 kg/m³

peso acabados = 100 kg/m²

N° pisos = 3

altura de muro = 2.40 m

h total = 8.10 m

Sobre carga 1,2 = 200 kg/m²

Sobre carga 3 = 100 kg/m²

f'_m = 30 kg/cm²

Para calcular la carga vertical es necesario conocer el área tributaria de cada muro portante. Cabe señalar que el sentido de la losa aligerada unidireccional será en el eje X.

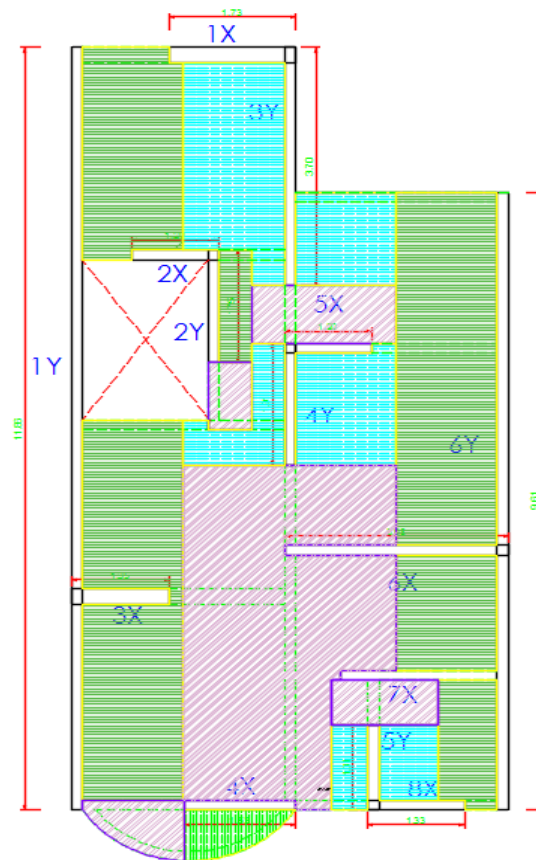


Figura 4. 5. Distribución de áreas tributarias.

Es importante resaltar que la parte sombreada de morado es el área tributaria de la viga, dado que los muros no son continuos y la losa solo es en una dirección. Por ello recalcamos que las vigas principales están en el eje Y.

Tabla 4.12.

Verificación de muros portantes por carga vertical eje X – 1er Piso.

Muro	t (m)	Area tributaria (m2)	Peso propio muros (kg)	Peso aligerado e = 0.20 (kg)	Peso acabado de aligerado (kg)	Total CM (kg)	Total CV (Kg)	CM+CV (kg)	σ : Esfuerzo actuante (kg/cm2)	σ_m : Esfuerzo admisible (kg/cm2)	σ_m : Esf. admis. maximo (kg/cm2)	Verificación
1X	0.255	0.00	1905.77	0.00	0.00	1905.77	0.00	1905.77	0.11	4.19	4.50	OK!!
2X	0.125	0.00	648.00	0.00	0.00	648.00	0.00	648.00	0.05	4.19	4.50	OK!!
3X	0.255	0.00	1487.16	0.00	0.00	1487.16	0.00	1487.16	0.11	4.19	4.50	OK!!
4X	0.125	0.00	826.20	0.00	0.00	826.20	0.00	826.20	0.06	4.19	4.50	OK!!
5X	0.125	0.87	648.00	786.78	262.26	1697.04	437.10	2134.14	0.14	4.19	4.50	OK!!
6X	0.125	0.00	1663.20	0.00	0.00	1663.20	0.00	1663.20	0.14	4.19	4.50	OK!!
7X	0.125	0.00	648.00	0.00	0.00	648.00	0.00	648.00	0.02	4.19	4.50	OK!!
8X	0.125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.19	4.50	OK!!

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 4.12, el esfuerzo actuante para el eje X es menor que el esfuerzo admisible y el esfuerzo máximo. Así mismo, podemos notar que el muro más esforzado es el 5X y 6X.

Tabla 4.13.

Verificación de muros portantes por carga vertical eje Y – 1er Piso.

Muro	t (m)	Area tributaria (m2)	Peso propio muros (kg)	Peso aligerado e = 0.20 (kg)	Peso acabado de aligerado (kg)	Total CM (kg)	Total CV (Kg)	CM+CV (kg)	σ : Esfuerzo actuante (kg/cm2)	σ_m : Esfuerzo admisible (kg/cm2)	σ_m : Esfuerzo admis. maximo (kg/cm2)	Verificación
1Y	0.125	12.12	8544.53	10907.37	3635.79	23087.69	6059.65	29147.34	0.25	4.19	4.50	OK!!
2Y	0.125	0.79	6404.40	708.75	236.25	7349.40	393.75	7743.15	0.44	4.19	4.50	OK!!
3Y	0.125	6.29	945.00	5657.22	1885.74	8487.96	3142.90	11630.86	0.31	4.19	4.50	OK!!
4Y	0.125	3.87	1998.00	3484.44	1161.48	6643.92	1935.80	8579.72	0.45	4.19	4.50	OK!!
5Y	0.125	1.61	1031.40	1444.95	481.65	2958.00	802.75	3760.75	0.29	4.19	4.50	OK!!
6Y	0.125	11.71	707.40	10537.47	3512.49	14757.36	5854.15	20611.51	0.21	4.19	4.50	OK!!

Fuente: Elaboración propia.

Para el eje Y también se cumple que el esfuerzo actuante es menor tanto al esfuerzo admisible y al esfuerzo máximo. Así también, podemos sostener que los muros 2Y y 4Y son los más esforzados por la carga vertical.

2.9.8.2. Metrado de cargas de la edificación.

Se realizó el metrado de cargas por piso, además por motivos de usar al peso calculado para el análisis se consideró el 100% de la carga muerta (CM) + 25% de la carga viva (CV), tal y como indica la norma E.030 de diseño sismorresistente, dado que la vivienda está clasificada como categoría C y en consecuencia le corresponde tomar 25% de CV para el análisis de la estructura.

PESOS VOLUMETRICOS:

Pes. vol. concreto armado:	2400 kg/m ³
Pes. vol. albañilería:	1800 kg/m ³
Pes. vol. tarrajeo:	2000.0 kg/m ³

PESOS TECHOS:

Pes. de aligerado:	350 kg/m ²
Pes. De sobrecarga:	200 kg/m ²
Pes. acabado:	100.0 kg/m ²

PESOS DE MUROS:

Ventanas:	20	kg/m ²
-----------	----	-------------------

A) Cálculo de área de losa aligerada - 1er piso

$$A_{\text{losa 1er Piso}} = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_8$$

A1	=	7.76 m ²
A2	=	5.85 m ²
A3	=	2.13 m ²
A4	=	8.18 m ²
A5	=	6.62 m ²
A6	=	7.99 m ²
A7	=	1.81 m ²
A8	=	2.85 m ²
A9	=	1.16 m ²

Total A _{1P} =	44.33 m ²
-------------------------	----------------------

← área para cálculo de peso de losa del 1er piso

Total A' _{1P} =	46.76 m ²
--------------------------	----------------------

← área para cálculo de peso de S/C y acabado del 1er piso

B) Cálculo de área de losa aligerada - 2do piso

Área de losa alig. 2do Área de losa aligerada 1er piso

Total A _{2P} =	44.33 m ²
-------------------------	----------------------

← área para cálculo de peso de losa del 2do piso

Total A' _{2P} =	46.76 m ²
--------------------------	----------------------

← área para cálculo de peso de S/C y acabado del 2do piso

C) Cálculo de área de losa aligerada - 3er piso

$$A_{\text{losa 3er Piso}} = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_8$$

A1	=	7.76 m ²
A2	=	5.85 m ²
A3	=	2.13 m ²
A4	=	8.18 m ²
A5	=	6.62 m ²
A8	=	2.85 m ²

Total A _{3P} =	33.38 m ²
-------------------------	----------------------

← área para cálculo de peso de losa del 3er piso

Total A'3p = 42.27 m²

← área para cálculo de peso de S/C y acabado del 3er piso

D) Cálculo de área de ventana por piso

1er piso - Ventanas bajas

Descripción	Ancho (m)	Alto (m)	Alfeizer (m)	Area vent.
Estud. V7	1.20	1.40	0.95	1.68
Estud. V6	0.68	1.40	0.95	0.95
Cocina V5	1.35	1.40	0.95	1.89
Sala M1	2.78	2.30	0.00	0.00
Com. V4	1.25	1.40	0.95	1.75
Sala V6	0.68	1.40	0.95	0.95
Total	7.94			7.22

1er piso - Ventanas altas

Descripción	Ancho (m)	Alto (m)	Alfeizer (m)	Area vent.
Baño V3	0.45	0.50	1.75	0.23
Total	0.45			0.23

2do piso - Ventanas bajas

Descripción	Ancho (m)	Alto (m)	Alfeizer (m)	Area vent.
Dorm. V7	1.20	1.40	0.95	1.68
Dorm. V6	0.68	1.40	0.95	0.95
Baño V8	1.35	1.40	0.95	1.89
Lavan V9	2.78	1.40	0.95	3.89
Sala V4	1.25	1.40	0.95	1.75
Dorm. M2	1.25	2.30	0.00	0.00
Total	8.51			10.16

2do piso - Ventanas altas

Descripción	Ancho (m)	Alto (m)	Alfeizer (m)	Area vent.
Baño V3	0.45	0.50	1.75	0.23
Total	0.45			0.23

3er piso - Ventanas bajas

Descripción	Ancho (m)	Alto (m)	Alfeizer (m)	Area vent.
Dorm. V7	1.20	1.40	0.95	1.68
Dorm. V6	0.68	1.40	0.95	0.95
Est. V4	1.25	1.40	0.95	1.75
Dorm. M2	1.25	2.30	0.00	0.00
Total	4.38			4.38

3er piso - Ventanas altas

Descripción	Ancho (m)	Alto (m)	Alfeizer (m)	Area vent.
Baño V3	0.45	0.50	1.75	0.23
Baño V8	1.35	0.50	1.75	0.23
Total	0.45			0.23

E) Metrados de carga - 1er piso

Metrado de cargas - 1er piso						
Elemento	N° Veces	Carga Unitaria			Área de Influencia	Sub Total (kg)
<u>Losa</u>						
L. Aligerada (e=.20)	1	300 kg/cm2			44.33 m2	13299.63
Acabado 1	1	100 kg/cm2			46.76 m2	4676.08
<u>Peso de ventana</u>						
Ventanas	1	20 kg/cm2			7.45 m2	148.98
<u>Muros división</u>						
Muros 1er piso	1	0.125	1.25	1800	1.58 m	444.38
Acabado tab. 1er piso	1	0.02	1.25	2000	1.58 m	79.00
Muros 2do piso	1	0.125	1.25	1800	3.97 m	1116.56
Acabado tab. 2do piso	1	0.02	1.25	2000	3.97 m	198.50
Alfézares tab.	1	0.125	0.90	1800	4.75 m	961.88
Acab. Alfézares tab.	1	0.02	0.90	2000	4.75 m	171.00
Alfézares tab. Baños	1	0.125	1.70	1800	1.75 m	669.38
Acab. Alfézares tab. (*)	1	0.02	1.70	2000	1.75 m	119.00
<u>Muros portantes</u>						
1X	1	0.255	1.73	1800	2.40 m	1905.77
2X	1	0.125	1.20	1800	2.40 m	648.00
3X	1	0.255	1.35	1800	2.40 m	1487.16
4X	1	0.125	1.53	1800	2.40 m	826.20
5X	1	0.125	1.20	1800	2.40 m	648.00
6X	1	0.125	3.08	1800	2.40 m	1663.20
7X	1	0.125	1.20	1800	2.40 m	648.00
8X	1	0.125	1.33	1800	2.40 m	718.20
1Y	1	0.125	11.86	1800	2.40 m	6404.40
2Y	1	0.125	1.75	1800	2.40 m	945.00
3Y	1	0.125	3.70	1800	2.40 m	1998.00
4Y	1	0.125	1.91	1800	2.40 m	1031.40
5Y	1	0.125	1.31	1800	2.40 m	707.40
6Y	1	0.125	9.61	1800	2.40 m	5189.40
Acabados m. sogá	1	0.02	2.40	2000	39.68 m	3809.28
Acabados m. cab.	1	0.02	2.40	2000	3.08 m	295.68
<u>Vigas</u>						
VP (20x30)	1	0.20	0.30	2400	33.26 m	4789.44
VS (20x20)	1	0.20	0.20	2400	19.53 m	1874.88
VCH (25x20)	1	0.25	0.20	2400	5.36 m	643.20
VB (15x20)	1	0.15	0.20	2400	9.97 m	717.84
<u>Columnas</u>						
C1 (25x25)	1	0.25	0.25	2400	2.70 m	405.00
C2 (12.5x55)	1	0.125	0.55	2400	2.70 m	445.50

C3 (12.5x35)	17	0.125	0.35	2400	2.70 m	4819.50
C4 (12.5x35)	1	0.075	-	2400	2.70 m	486.00
<u>Escaleras</u>						
Losa de llegada	1	0.20	-	2400	1.13 m2	540.00
Escaleras	1	0.19	-	2400	5.40 m2	2462.40
Acabado Escalera	1	0.02	-	2000	6.53 m2	261.00
<u>Parapeto</u>						
Parapeto h =0.45	1	0.125	0.45	1800	3.48 m	352.08
Acab. parap. H=0.45	1	0.02	0.45	2000	3.48 m	62.59
Total CM - 1er Piso						67993.23
S/C	1	200 kg/cm2			46.76 m	9352.16
Total CV - 1er Piso						9352.16
Peso 1er piso (CM+25% CV)						70331.266

F) Metrados de carga – 2do piso

Metrado de cargas - 2do piso						
Elemento	Nº Veces	Carga Unitaria			Área de Influencia	Sub Total (kg)
<u>Losa</u>						
L. Aligerada (e=.20)	1	300 kg/cm2			44.33 m2	13299.63
Acabado 1	1	100 kg/cm2			46.76 m2	4676.08
<u>Peso de ventana</u>						
Ventanas	1	20 kg/cm2			10.39 m2	207.78
<u>Muros división</u>						
Muros 3er piso	1	0.125	1.25	1800	5.47 m	1538.44
Acabado tab. 3er piso	1	0.02	1.25	2000	5.47 m	273.50
Muros 2do piso	1	0.125	1.25	1800	3.97 m	1116.56
Acabado tab. 2do piso	1	0.02	1.25	2000	3.97 m	198.50
Alfésares tab.	1	0.125	0.90	1800	4.75 m	961.88
Acab. Alfésares tab.	1	0.02	0.90	2000	4.75 m	171.00
Alfésares tab. Baños	1	0.125	1.70	1800	1.75 m	669.38
Acab. Alfésares tab. (*)	1	0.02	1.70	2000	1.75 m	119.00
<u>Muros portantes</u>						
1X	1	0.255	1.73	1800	2.40 m	1905.77
2X	1	0.125	1.20	1800	2.40 m	648.00
3X	1	0.255	1.35	1800	2.40 m	1487.16
4X	1	0.125	1.53	1800	2.40 m	826.20
5X	1	0.125	1.20	1800	1.20 m	324.00
6X	1	0.125	3.08	1800	2.40 m	1663.20
7X	1	0.125	1.20	1800	2.40 m	648.00
8X	1	0.125	1.33	1800	2.40 m	718.20
1Y	1	0.125	11.86	1800	2.40 m	6404.40
2Y	1	0.125	1.75	1800	2.40 m	945.00

3Y	1	0.125	3.70	1800	2.40 m	1998.00
4Y	1	0.125	1.91	1800	2.40 m	1031.40
5Y	1	0.125	1.31	1800	2.40 m	707.40
6Y	1	0.125	9.61	1800	2.40 m	5189.40
Acabados m. sogá	1	0.02	2.40	2000	39.68 m	3809.28
Acabados m. cabeza	1	0.02	2.40	2000	3.08 m	295.68

Vigas

VP (20x30)	1	0.20	0.30	2400	33.26 m	4789.44
VS (20x20)	1	0.20	0.20	2400	19.53 m	1874.88
VCH (25x20)	1	0.25	0.20	2400	5.36 m	643.20
VB (15x20)	1	0.15	0.20	2400	9.97 m	717.84

Columnas

C1 (25x25)	1	0.25	0.25	2400	1.45 m	217.50
C2 (12.5x55)	1	0.125	0.55	2400	2.70 m	445.50
C3 (12.5x35)	16	0.125	0.35	2400	2.70 m	4536.00
C3 (12.5x35)	1	0.125	0.35	2400	1.45 m	152.25
C4 (12.5x35)	1	0.075	-	2400	2.70 m	486.00

Escaleras

Losa de llegada	1	0.20	-	2400	1.13 m2	540.00
Escaleras	1	0.19	-	2400	5.40 m2	2462.40
Acabado Escalera	1	0.02	-	2000	6.53 m2	261.00

Parapeto

Parapeto h=0.45	1	0.125	0.45	1800	3.48 m	352.08
Acab. parap. H=0.45	1	0.02	0.45	2000	3.48 m	62.59
Parapeto h=1.00	1	0.125	1.00	1800	2.78 m	625.50
Acab. parap. H=1.00	1	0.02	1.00	2000	2.78 m	111.20

Total CM - 2do Piso	70110.21
----------------------------	-----------------

S/C	1	200 kg/cm2	46.76 m	9352.16
-----	---	------------	---------	---------

Total CV - 2do Piso	9352.16
----------------------------	----------------

Peso 2do piso (CM+25% CV)	72448.246
----------------------------------	------------------

G) Metrados de carga – 3er piso

Metrado de cargas - 3er piso				
Elemento	Nº Veces	Carga Unitaria	Área de Influencia	Sub Total (kg)
<u>Losa</u>				
L. Aligerada (e=.20)	1	300 kg/cm2	33.38 m2	10014.18
Acabado 1	1	100 kg/cm2	42.27 m2	4227.09
<u>Peso de ventana</u>				
Ventanas	1	20 kg/cm2	4.61 m2	92.14
<u>Muros división</u>				
Muros 3er piso	1	0.125 1.25 1800	5.47 m	1538.44

Acabado tab. 3er piso	1	0.02	1.25	2000	5.47 m	273.50
Alfézares tab.	1	0.125	0.90	1800	2.85 m	577.13
Acab. Alfézares tab.	1	0.02	0.90	2000	2.85 m	102.60
Alfézares tab. Baños	1	0.125	1.70	1800	3.50 m	1338.75
Acab. Alfézares tab. (*)	1	0.02	1.70	2000	3.50 m	238.00
<u>Muros portantes</u>						
1X	1	0.255	1.73	1800	2.40 m	1905.77
2X	1	0.125	1.2	1800	2.40 m	648.00
3X	1	0.255	1.35	1800	2.40 m	1487.16
4X	1	0.125	1.53	1800	2.40 m	826.20
6X	1	0.125	3.08	1800	2.40 m	1663.20
7X	1	0.125	1.20	1800	2.40 m	648.00
8X	1	0.125	1.33	1800	2.40 m	718.20
1Y	1	0.125	11.86	1800	2.40 m	6404.40
2Y	1	0.125	1.75	1800	2.40 m	945.00
3Y	1	0.125	3.7	1800	2.40 m	1998.00
4Y	1	0.125	1.91	1800	2.40 m	1031.40
5Y	1	0.125	1.31	1800	2.40 m	707.40
6Y	1	0.125	9.61	1800	2.40 m	5189.40
Acabados m. sogá	1	0.02	2.40	2000	38.48 m	3694.08
Acabados m. cabeza	1	0.02	2.40	2000	3.08 m	295.68
<u>Vigas</u>						
VP (20x30)	1	0.20	0.30	2400	29.16 m	4199.04
VS (20x20)	1	0.20	0.20	2400	15.85 m	1521.60
VCH (25x20)	1	0.25	0.20	2400	5.36 m	643.20
VB (15x20)	1	0.15	0.20	2400	9.39 m	676.08
<u>Columnas</u>						
C2 (12.5x55)	1	0.125	0.55	2400	1.45 m	239.25
C3 (12.5x35)	16	0.125	0.35	2400	1.45 m	2436.00
Total CM - 3er Piso						56278.88
S/C	1	200 kg/cm2			42.27 m	8454.18
Total CV - 3er Piso						8454.18
Peso 3er piso (CM+25% CV)						58392.43

2.9.8.3. Análisis sísmico estático.

De acuerdo a la norma E.030 este método es aplicable a estructuras regulares e irregulares de sistema albañilería confinada, hasta una altura máxima de 15 m.

Pisos	Peso
Piso 1	= 70331.27 kg
Piso 2	= 72448.25 kg
Piso 3	= 58392.43 kg

1. Cálculo del periodo fundamental de vibración

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

$$h_n = 8.10$$

$$C_T = 60.00$$

$$T = 0.135 \text{ s}$$

$C_T = 35$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostamiento.

$C_T = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostados.

$C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

h_n : Altura total de la edificación.

2. Factor de amplificación sísmica (C)

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2} \right)$$

$$T_p = 0.600$$

$$T_L = 2.000$$

$$T = 0.135 \text{ s}$$

$$C = 2.50$$

PERÍODOS " T_p " Y " T_L "				
	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

$$T \leq T_p \quad C=2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C=2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T} \right)$$

$$T \geq T_L \quad C=2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2} \right)$$

3. Categoría de la edificación (U)

$$U = 1.00 \text{ Categoría C}$$

En el capítulo anterior se definió que el tipo de suelo a utilizar para el diseño de la vivienda es el intermedio (S2).

4. Factor de suelo "S"

$$S = 1.05$$

FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

5. Cálculo de coeficiente de reducción de la fuerza sísmica (R)

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R_0 = 3.00$$

$$I_a = 1.00$$

$$I_p = 0.90$$

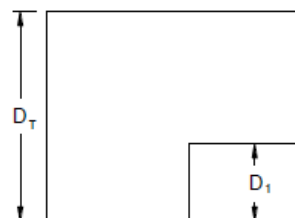
$$R = 2.70$$

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R _p (*)
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Estructuras Regulares son las que en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

En estos casos, el factor I_a o I_p será igual a 1,0.

De acuerdo a la característica y desplazamiento de los pisos consecutivos no existe irregularidad en altura, por ello I_a es igual a 1, Caso contrario con la irregularidad en planta donde en la distribución se encuentra una irregularidad en planta por esquina entrante, en vista a que la dimensión de la esquina entrante supera el 20% de la dimensión principal paralela.



Condición de Irregularidad

$$D_1 > 0.2 D_T$$

Figura 4. 6. Irregularidad en planta por esquina entrante.

6. Peso de la edificación

$$P = 201171.94 \text{ T}$$

7. Factor de zona "Z"

$$Z = 0.45$$

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

8. Comprobación de C/R

$$\frac{C}{R} \geq 0,11 \dots E.030 (2018)$$

$$C = 2.50$$

$$R = 2.70$$

$$C/R = 0.926$$

$$\geq 0.11$$

Ok!

9. Cortante basal (cortante de piso)

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

$$Z = 0.450$$

$$U = 1.000$$

$$C = 2.500$$

$$S = 1.050$$

$$R = 2.700$$

$$P = 201171.937 \text{ T}$$

$$V = 88012.722 \text{ T}$$

10. Distribución de la fuerza sísmica en altura

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{i=1}^n P_i(h_i)^k}$$

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
b) Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

$$T = 0.135 \text{ s} \leq 0.5 \text{ s}$$

$$k = 1.000$$

Ok!!

Piso	Pi	hi	(hi) ^k	Pi*(hi) ^k	α_i	V	F _i (kg)
3	58392.43	8.10	8.10	472978.65	0.449	88012.72	39491.88
2	72448.25	5.40	5.40	391220.53	0.371	88012.72	32665.40
1	70331.27	2.70	2.70	189894.42	0.180	88012.72	15855.45
Σ	201171.94	1054093.59	1.000	88012.72

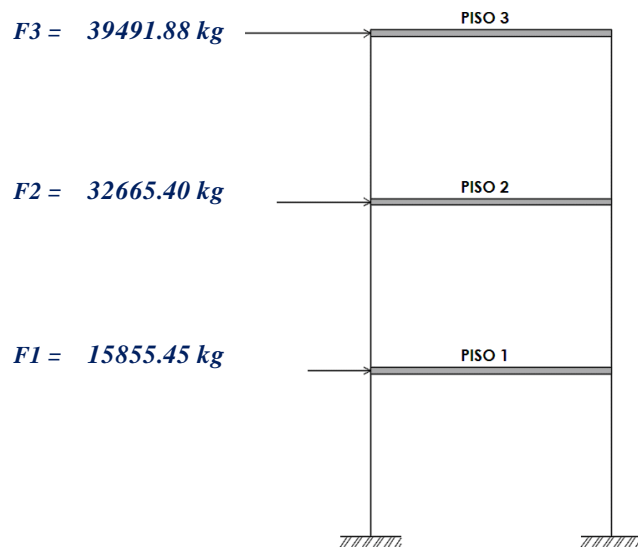


Figura 4. 7. Fuerzas de inercia en los diferentes pisos.

2.9.8.4. Cálculo de la fuerza cortante por sismo moderado (V_i) y sismo severo (V_{ei}).

La fuerza cortante por sismo severo será el doble ocasionado por el sismo moderado.

Tabla 4.14.

Cortantes ante el sismo moderado (V_i) y sismo severo (V_{ei}).

Piso	F _i (kg)	V _i (kg)	Incidencia	V _{ei} = 2*V _i (kg)
3	39491.88	39491.88	44.87%	78983.76
2	32665.40	72157.28	81.99%	144314.55
1	15855.45	88012.72	100.00%	176025.44
Σ	88012.72			

Fuente: Elaboración propia

2.9.8.5. Datos geométricos de los muros portantes.

Como pudimos apreciar en la estructuración en el eje “X” tenemos 8 muros portantes mientras que en el eje “Y” solo tenemos 6.

Tabla 4.15.

Datos geométricos de los muros 1er piso.

Muro	h(m)	t(m)	l(m)	x(m)	y(m)
------	------	------	------	------	------

1X	2.40	0.255	1.730	2.213	11.736
2X	2.40	0.125	1.200	1.428	8.636
3X	2.40	0.255	1.350	0.750	3.311
4X	2.40	0.125	1.530	2.310	0.075
5X	2.40	0.125	1.200	3.530	7.186
6X	2.40	0.125	3.080	4.463	4.036
7X	2.40	0.125	1.200	5.400	2.086
8X	2.40	0.125	1.330	4.740	0.075
1Y	2.40	11.860	0.125	0.075	5.931
2Y	2.40	1.750	0.125	1.950	2.836
3Y	2.40	3.700	0.125	3.000	10.011
4Y	2.40	1.910	0.125	3.000	6.307
5Y	2.40	1.310	0.125	4.150	0.665
6Y	2.40	9.610	0.125	5.925	4.806

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.16.

Datos geométricos de los muros 2do piso.

Muro	h(m)	t(m)	l(m)	x(m)	y(m)
1X	2.40	0.255	1.730	2.213	11.736
2X	2.40	0.125	1.200	1.428	8.636
3X	2.40	0.255	1.350	0.750	3.311
4X	2.40	0.125	1.530	2.310	0.075
5X	2.40	0.125	1.200	3.530	7.186
6X	2.40	0.125	3.080	4.463	4.036
7X	2.40	0.125	1.200	5.400	2.086
8X	2.40	0.125	1.330	4.740	0.075
1Y	2.40	11.860	0.125	0.075	5.931
2Y	2.40	1.750	0.125	1.950	2.836
3Y	2.40	3.700	0.125	3.000	10.011
4Y	2.40	1.910	0.125	3.000	6.307
5Y	2.40	1.310	0.125	4.150	0.665
6Y	2.40	9.610	0.125	5.925	4.806

Fuente: Elaboración propia

Por motivos de distribución arquitectónica y para una mejor vista frontal en el tercer piso no se consideró el muro 4X.

Tabla 4.17.

Datos geométricos de los muros 3er piso.

Muro	h(m)	t(m)	l(m)	x(m)	y(m)
1X	2.40	0.255	1.730	2.213	11.736
2X	2.40	0.125	1.200	1.428	8.636
3X	2.40	0.255	1.350	0.750	3.311

5X	2.40	0.125	1.200	3.530	7.186
6X	2.40	0.125	3.080	4.463	4.036
7X	2.40	0.125	1.200	5.400	2.086
8X	2.40	0.125	1.330	4.740	0.075
1Y	2.40	11.860	0.125	0.075	5.931
2Y	2.40	1.750	0.125	1.950	2.836
3Y	2.40	3.700	0.125	3.000	10.011
4Y	2.40	1.910	0.125	3.000	6.307
5Y	2.40	1.310	0.125	4.150	0.665
6Y	2.40	9.610	0.125	5.925	4.806

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que se estableció el sistema de referencia en la parte izquierda-inferior del plano.

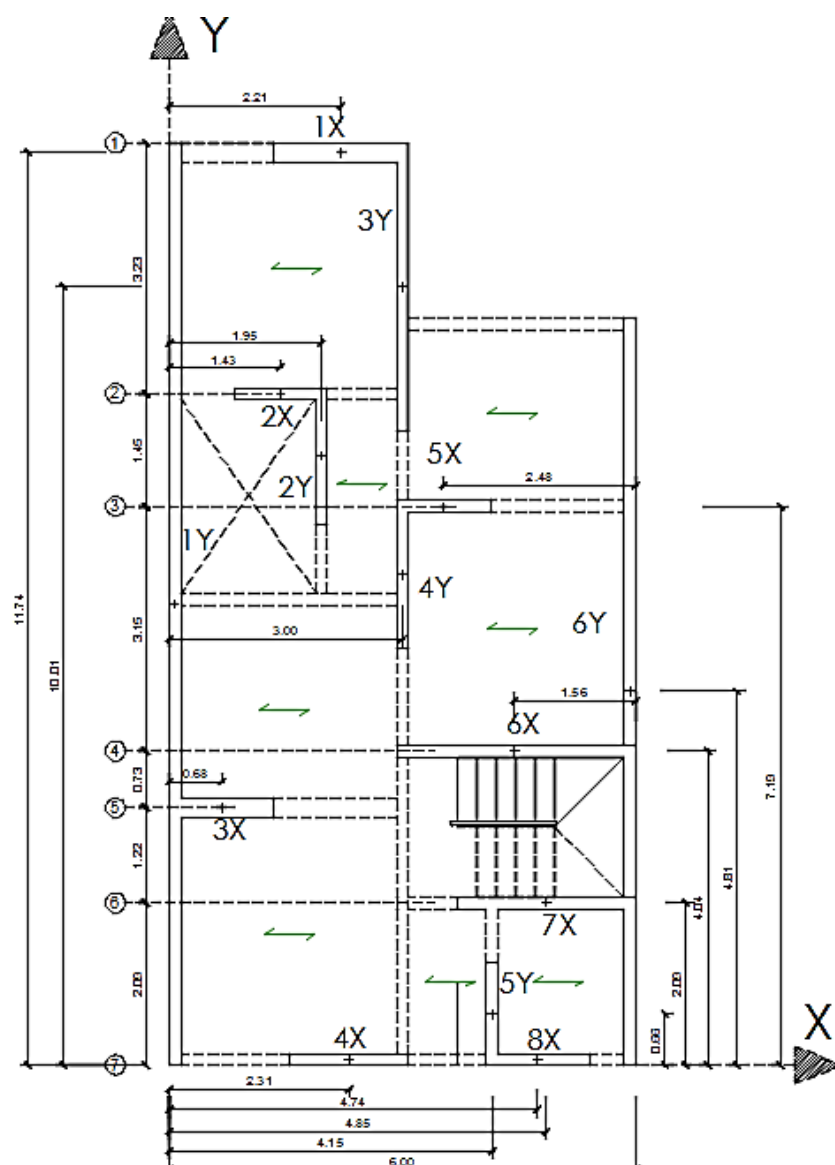


Figura 4. 8. Sistema de referencia para cálculo de centro de rigidez.

2.9.8.6. Cálculo de rigidez de los muros portantes.

a) Cálculo de rigidez en el eje "X"

$$\begin{aligned} f'_m &= 30 \text{ kg/cm}^2 \\ E_m &= 15000 \text{ kg/cm}^2 \\ E_c &= 217371 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Para calcular la rigidez de cada muro utilizaremos la siguiente expresión

$$K = \frac{E_m x t}{4x \left(\frac{h}{l}\right)^3 + 3x \left(\frac{h}{l}\right)} \quad \text{Si} \quad Em = 500x f'_m$$

Donde:

h: altura del muro.

k: Rigidez lateral.

Em: módulo de elasticidad de la albañilería.

t: dimensión perpendicular a la dirección analizada del muro.

l: dimensión paralela a la dirección analizada del muro.

Tabla 4.18.

Rigidez en dirección "X"- 1er piso

Muro	3(h/l)	4(h/l)3	3(h/l)+4(h/l)3	t(m)	kx(kg/cm)
1X	4.1618	10.6796	14.8415	0.255	25772.397
2X	6.0000	32.0000	38.0000	0.125	4934.211
3X	5.3333	22.4746	27.8080	0.255	13755.056
4X	4.7059	15.4390	20.1449	0.125	9307.571
5X	6.0000	32.0000	38.0000	0.125	4934.211
6X	2.3377	1.8925	4.2302	0.125	44324.281
7X	6.0000	32.0000	38.0000	0.125	4934.211
8X	5.4135	23.5038	28.9174	0.125	6483.992
1Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	11.860	627.090
2Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.750	92.530
3Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	3.700	195.635
4Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.910	100.990
5Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.310	69.265
6Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	9.610	508.122
					116039.560

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.19.

Rigidez en dirección "X"- 2do piso

Muro	3(h/l)	4(h/l)3	3(h/l)+4(h/l)3	t(m)	kx(kg/cm)
1X	4.1618	10.6796	14.8415	0.255	25772.397

2X	6.0000	32.0000	38.0000	0.125	4934.211
3X	5.3333	22.4746	27.8080	0.255	13755.056
4X	4.7059	15.4390	20.1449	0.125	9307.571
5X	6.0000	32.0000	38.0000	0.125	4934.211
6X	2.3377	1.8925	4.2302	0.125	44324.281
7X	6.0000	32.0000	38.0000	0.125	4934.211
8X	5.4135	23.5038	28.9174	0.125	6483.992
1Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	11.860	627.090
2Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.750	92.530
3Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	3.700	195.635
4Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.910	100.990
5Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.310	69.265
6Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	9.610	508.122
					116039.560

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.20.

Rigidez en dirección "X"- 3er piso

Muro	3(h/l)	4(h/l)3	3(h/l)+4(h/l)3	t(m)	kx(kg/cm)
1X	4.1618	10.6796	14.8415	0.255	25772.397
2X	6.0000	32.0000	38.0000	0.125	4934.211
3X	5.3333	22.4746	27.8080	0.255	13755.056
5X	6.0000	32.0000	38.0000	0.125	4934.211
6X	2.3377	1.8925	4.2302	0.125	44324.281
7X	6.0000	32.0000	38.0000	0.125	4934.211
8X	5.4135	23.5038	28.9174	0.125	6483.992
1Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	11.860	627.090
2Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.750	92.530
3Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	3.700	195.635
4Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.910	100.990
5Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.310	69.265
6Y	57.6000	28311.5520	28369.1520	9.610	508.122
					106731.990

Fuente: Elaboración propia.

b) Cálculo de rigidez en el eje "Y".

Tabla 4.21.

Rigidez en dirección "Y"- 1er piso

Muro	3(h/l)	4(h/l)3	3(h/l)+4(h/l)3	t(m)	ky(kg/cm)
1X	28.2353	3334.8260	3363.0613	1.730	771.618
2X	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.200	63.449
3X	28.2353	3334.8260	3363.0613	1.350	602.130
4X	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.530	80.898

5X	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.200	63.449
6X	57.6000	28311.5520	28369.1520	3.080	162.853
7X	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.200	63.449
8X	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.330	70.323
1Y	0.6071	0.0331	0.6402	0.125	292863.831
2Y	4.1143	10.3176	14.4319	0.125	12992.046
3Y	1.9459	1.0917	3.0376	0.125	61726.184
4Y	3.7696	7.9359	11.7055	0.125	16018.130
5Y	5.4962	24.5969	30.0931	0.125	6230.674
6Y	0.7492	0.0623	0.8115	0.125	231046.584
					622755.618

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.22.

Rigidez en dirección “Y”- 2do piso

Muro	3(h/l)	4(h/l)3	3(h/l)+4(h/l)3	t(m)	ky(kg/cm)
1X	28.2353	3334.8260	3363.0613	1.730	771.618
2X	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.200	63.449
3X	28.2353	3334.8260	3363.0613	1.350	602.130
4X	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.530	80.898
5X	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.200	63.449
6X	57.6000	28311.5520	28369.1520	3.080	162.853
7X	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.200	63.449
8X	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.330	70.323
1Y	0.6071	0.0331	0.6402	0.125	292863.831
2Y	4.1143	10.3176	14.4319	0.125	12992.046
3Y	1.9459	1.0917	3.0376	0.125	61726.184
4Y	3.7696	7.9359	11.7055	0.125	16018.130
5Y	5.4962	24.5969	30.0931	0.125	6230.674
6Y	0.7492	0.0623	0.8115	0.125	231046.584
					622755.618

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.23.

Rigidez en dirección “Y”- 3er piso

Muro	3(h/l)	4(h/l)3	3(h/l)+4(h/l)3	t(m)	ky(kg/cm)
1X	28.2353	3334.8260	3363.0613	1.730	771.618
2X	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.200	63.449
3X	28.2353	3334.8260	3363.0613	1.350	602.130
5X	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.200	63.449
6X	57.6000	28311.5520	28369.1520	3.080	162.853
7X	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.200	63.449
8X	57.6000	28311.5520	28369.1520	1.330	70.323
1Y	0.6071	0.0331	0.6402	0.125	292863.831

2Y	4.1143	10.3176	14.4319	0.125	12992.046
3Y	1.9459	1.0917	3.0376	0.125	61726.184
4Y	3.7696	7.9359	11.7055	0.125	16018.130
5Y	5.4962	24.5969	30.0931	0.125	6230.674
6Y	0.7492	0.0623	0.8115	0.125	231046.584
					622674.721

Fuente: Elaboración propia.

2.9.8.7. Determinación del centro de rigidez de la estructura.

El centro de rigidez es un punto donde la deformación o el desplazamiento es menor.

Para calcular el centro de rigidez utilizaremos las siguientes expresiones.

$$x_{C.R.} = \frac{\sum_{i=1}^n (K_{iy} x X_i)}{\sum_{i=1}^n K_{iy}} ; \quad Y_{C.R.} = \frac{\sum_{i=1}^n (K_{ix} x Y_i)}{\sum_{i=1}^n K_{ix}}$$

Como sabemos, K es la rigidez lateral de cada muro y “X” e “Y” son los centroides de cada muro.

Tabla 4.24.

Cálculo del centro de rigidez de la estructura - 1er piso.

Muro	kx(kg/cm)	ky(kg/cm)	y.kx	x.ky
1X	25772.397	771.618	302464.851	1707.592
2X	4934.211	63.449	42611.842	90.605
3X	13755.056	602.130	45542.991	451.597
4X	9307.571	80.898	698.068	186.874
5X	4934.211	63.449	35457.237	223.976
6X	44324.281	162.853	178892.797	726.813
7X	4934.211	63.449	10292.763	342.626
8X	6483.992	70.323	486.299	333.330
1Y	627.090	292863.831	3719.268	21964.787
2Y	92.530	12992.046	262.415	25334.490
3Y	195.635	61726.184	1958.502	185178.551
4Y	100.990	16018.130	636.944	48054.389
5Y	69.265	6230.674	46.061	25857.297
6Y	508.122	231046.584	2442.036	1368951.012
Total	116039.560	622755.618	625512.076	1679403.939

Fuente: Elaboración propia.

Entonces;

$$x_{C.R.} = 2.6967 \text{ m}$$

$$y_{C.R.} = 5.3905 \text{ m}$$

Tabla 4.25.

Cálculo del centro de rigidez de la estructura – 2do piso.

Muro	kx(kg/cm)	ky(kg/cm)	y.kx	x.ky
1X	25772.397	771.618	302464.851	1707.592
2X	4934.211	63.449	42611.842	90.605
3X	13755.056	602.130	45542.991	451.597
4X	9307.571	80.898	698.068	186.874
5X	4934.211	63.449	35457.237	223.976
6X	44324.281	162.853	178892.797	726.813
7X	4934.211	63.449	10292.763	342.626
8X	6483.992	70.323	486.299	333.330
1Y	627.090	292863.831	3719.268	21964.787
2Y	92.530	12992.046	262.415	25334.490
3Y	195.635	61726.184	1958.502	185178.551
4Y	100.990	16018.130	636.944	48054.389
5Y	69.265	6230.674	46.061	25857.297
6Y	508.122	231046.584	2442.036	1368951.012
Total	116039.560	622755.618	625512.076	1679403.939

Fuente: Elaboración propia.

Entonces;

$$x_{C.R.} = 2.6967 \text{ m}$$

$$y_{C.R.} = 5.3905 \text{ m}$$

Tabla 4.26.

Cálculo del centro de rigidez de la estructura – 3er piso.

Muro	kx(kg/cm)	ky(kg/cm)	y.kx	x.ky
1X	25772.397	771.618	302464.851	1707.592
2X	4934.211	63.449	42611.842	90.605
3X	13755.056	602.130	45542.991	451.597
5X	4934.211	63.449	35457.237	223.976
6X	44324.281	162.853	178892.797	726.813
7X	4934.211	63.449	10292.763	342.626
8X	6483.992	70.323	486.299	333.330
1Y	627.090	292863.831	3719.268	21964.787
2Y	92.530	12992.046	262.415	25334.490
3Y	195.635	61726.184	1958.502	185178.551
4Y	100.990	16018.130	636.944	48054.389
5Y	69.265	6230.674	46.061	25857.297
6Y	508.122	231046.584	2442.036	1368951.012
Total	106731.990	622674.721	624814.008	1679217.065

Fuente: Elaboración propia.

Entonces;

$$x_{C.R.} = 2.6968 \text{ m}$$

$$y_{C.R.} = 5.8540 \text{ m}$$

2.9.8.8. Determinación del centro de masa de la estructura.

El centro de masa es el punto donde se ubica la resultante de las fuerzas, por ende, es en esta zona donde ocurre una mayor deformación o desplazamiento.

Para determinar el centro de masa utilizaremos las siguientes expresiones.

$$X_{C.M.} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot X_i)}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad \wedge \quad Y_{C.M.} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot Y_i)}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

donde:

Pi: Peso por piso de la estructura

Xi e Yi: son los centroides de los muros, losas, etc.

Tabla 4.27.

Cálculo del centro de masa de la estructura – 1er piso.

Muro	h(m)	t(m)	l(m)	γ_m (kg/m3)	Peso "p" (kg)	x(m)	y(kg)	P.x	P.y
1X	2.40	0.255	1.730	1800	1905.77	2.213	11.736	4217.46	22366.09
2X	2.40	0.125	1.200	1800	648.00	1.428	8.636	925.34	5596.13
3X	2.40	0.255	1.350	1800	1487.16	0.750	3.311	1115.37	4923.99
4X	2.40	0.125	1.530	1800	826.20	2.310	0.075	1908.52	61.97
5X	2.40	0.125	1.200	1800	648.00	3.530	7.186	2287.44	4656.53
6X	2.40	0.125	3.080	1800	1663.20	4.463	4.036	7422.86	6712.68
7X	2.40	0.125	1.200	1800	648.00	5.400	2.086	3499.20	1351.73
8X	2.40	0.125	1.330	1800	718.20	4.740	0.075	3404.27	53.87
1Y	2.40	11.860	0.125	1800	6404.40	0.075	5.931	480.33	37984.50
2Y	2.40	1.750	0.125	1800	945.00	1.950	2.836	1842.75	2680.02
3Y	2.40	3.700	0.125	1800	1998.00	3.000	10.011	5994.00	20001.98
4Y	2.40	1.910	0.125	1800	1031.40	3.000	6.307	3094.20	6505.04
5Y	2.40	1.310	0.125	1800	707.40	4.150	0.665	2935.71	470.42
6Y	2.40	9.610	0.125	1800	5189.40	5.925	4.806	30747.20	24940.26
					24820.13			69874.66	138305.18
L.Alig	Area(m2)	P.concreto	Peso kg/cm2	unidades	Peso "p" (kg)	x(m)	y(kg)	P.x	P.y
losa	15.293	-	600.000	kg/m2	9175.80	1.538	2.956	14112.38	27123.66
losa	2.250	-	600.000	kg/m2	1350.00	2.475	7.311	3341.25	9869.85
losa	8.048	-	600.000	kg/m2	4828.80	1.538	10.161	7426.69	49065.44
losa	14.43	-	600.000	kg/m2	8658.00	4.538	6.786	39290.00	58753.19
losa	5.581	-	600.000	kg/m2	3348.60	4.538	1.006	15195.95	3368.69
escalera	3.870	2400.000	571.000	kg/m2	2209.77	4.625	3.061	10220.19	6764.11
escal. Lle.	1.125	0.200	480.000	kg/m2	540.00	3.387	3.061	1828.98	1652.94
					30110.97			91415.44	156597.88
TOTAL					54931.10			161290.10	294903.06

Fuente: Elaboración propia.

Entonces,

$$x_{C.M.} = 2.9362$$

$$y_{C.M.} = 5.3686$$

Tabla 4.28.

Cálculo del centro de masa de la estructura – 2do piso.

Muro	h(m)	t(m)	l(m)	γ_m (kg/m3)	Peso"p" (kg)	x(m)	y(kg)	P.x	P.y
1X	2.40	0.255	1.730	1800	1905.77	2.213	11.736	4217.46	22366.09
2X	2.40	0.125	1.200	1800	648.00	1.428	8.636	925.34	5596.13
3X	2.40	0.255	1.350	1800	1487.16	0.750	3.311	1115.37	4923.99
4X	2.40	0.125	1.530	1800	826.20	2.310	0.075	1908.52	61.97
5X	2.40	0.125	1.200	1800	648.00	3.530	7.186	2287.44	4656.53
6X	2.40	0.125	3.080	1800	1663.20	4.463	4.036	7422.86	6712.68
7X	2.40	0.125	1.200	1800	648.00	5.400	2.086	3499.20	1351.73
8X	2.40	0.125	1.330	1800	718.20	4.740	0.075	3404.27	53.87
1Y	2.40	11.860	0.125	1800	6404.40	0.075	5.931	480.33	37984.50
2Y	2.40	1.750	0.125	1800	945.00	1.950	2.836	1842.75	2680.02
3Y	2.40	3.700	0.125	1800	1998.00	3.000	10.011	5994.00	20001.98
4Y	2.40	1.910	0.125	1800	1031.40	3.000	6.307	3094.20	6505.04
5Y	2.40	1.310	0.125	1800	707.40	4.150	0.665	2935.71	470.42
6Y	2.40	9.610	0.125	1800	5189.40	5.925	4.806	30747.20	24940.26
					24820.13			69874.66	138305.18
L.Alig	Area(m2)	unidades	Peso kg/cm2	unidades	Peso"p" (kg)	x(m)	y(kg)	P.x	P.y
losa	15.293	m2	600.000	kg/m2	9175.80	1.538	2.956	14112.38	27123.66
losa	2.250	m2	600.000	kg/m2	1350.00	2.475	7.311	3341.25	9869.85
losa	8.048	m2	600.000	kg/m2	4828.80	1.538	10.161	7426.69	49065.44
losa	14.43	m2	600.000	kg/m2	8658.00	4.538	6.786	39290.00	58753.19
losa	5.581	m2	600.000	kg/m2	3348.60	4.538	1.006	15195.95	3368.69
escalera	3.870	m2	571.000	kg/m2	2209.77	4.625	3.061	10220.19	6764.11
escal. Lle.	1.125	m2	480.000	kg/m2	540.00	3.387	3.061	1828.98	1652.94
					30110.97			91415.44	156597.88
TOTAL					54931.10			161290.10	294903.06

Fuente: Elaboración propia.

Entonces,

$$x_{C.M.} = 2.9362$$

$$y_{C.M.} = 5.3686$$

Tabla 4.29.

Cálculo del centro de masa de la estructura – 3er piso.

Muro	h(m)	t(m)	l(m)	γ_m (kg/m3)	Peso "p" (kg)	x(m)	y(kg)	P.x	P.y
1X	2.40	0.255	1.730	1800	1905.77	2.213	11.736	4217.46	22366.09
2X	2.40	0.125	1.200	1800	648.00	1.428	8.636	925.34	5596.13
3X	2.40	0.255	1.350	1800	1487.16	0.750	3.311	1115.37	4923.99
5X	2.40	0.125	1.200	1800	648.00	3.530	7.186	2287.44	4656.53
6X	2.40	0.125	3.080	1800	1663.20	4.463	4.036	7422.86	6712.68
7X	2.40	0.125	1.200	1800	648.00	5.400	2.086	3499.20	1351.73
8X	2.40	0.125	1.330	1800	718.20	4.740	0.075	3404.27	53.87

1Y	2.40	11.860	0.125	1800	6404.40	0.075	5.931	480.33	37984.50
2Y	2.40	1.750	0.125	1800	945.00	1.950	2.836	1842.75	2680.02
3Y	2.40	3.700	0.125	1800	1998.00	3.000	10.011	5994.00	20001.98
4Y	2.40	1.910	0.125	1800	1031.40	3.000	6.307	3094.20	6505.04
5Y	2.40	1.310	0.125	1800	707.40	4.150	0.665	2935.71	470.42
6Y	2.40	9.610	0.125	1800	5189.40	5.925	4.806	30747.20	24940.26
					23993.93			67966.13	138243.22
L.Alig	Area(m2)	unidades	Peso kg/cm2	unidades	Peso''p''(kg)	x(m)	y(kg)	P.x	P.y
losa	15.293	m2	600.000	kg/m2	9175.80	1.538	2.956	14112.38	27123.66
losa	2.250	m2	600.000	kg/m2	1350.00	2.475	7.311	3341.25	9869.85
losa	8.048	m2	600.000	kg/m2	4828.80	1.538	10.161	7426.69	49065.44
losa	14.43	m2	600.000	kg/m2	8658.00	4.538	6.786	39290.00	58753.19
losa	5.581	m2	600.000	kg/m2	3348.60	4.538	1.006	15195.95	3368.69
escalera	3.870	m2	571.000	kg/m2	2209.77	4.625	3.061	10220.19	6764.11
escal. Lle.	1.125	m2	480.000	kg/m2	540.00	3.387	3.061	1828.98	1652.94
					30110.97			91415.44	156597.88
TOTAL					54104.90			159381.58	294841.09

Fuente: Elaboración propia

Entonces,

$$x_{C.M.} = 3.0360$$

$$y_{C.M.} = 5.2007$$

Es importante mencionar que la distancia del centro de masa y el centro de rigidez debe ser < 80 cm para evitar grandes torsiones. Para nuestro caso, la excentricidad máxima se da en el piso 3 con 74 cm.

2.9.8.9. Cálculo del momento polar de inercia.

El momento polar de inercia es aplicado para la resistencia a la torsión y siempre será positivo.

Para calcular el momento polar de inercia se usará la siguiente ecuación.

$$J = \sum (K_{ix} \cdot \bar{Y}^2) + \sum (K_{iy} \cdot \bar{X}^2)$$

Como se mencionó anteriormente la torsión se da porque hay irregularidad en planta, así como también por la variación del centro de masa con respecto al centro de rigidez. Generalmente esto ocurre cuando hay muchos muros de distribución (tabiquería que varía en los diferentes pisos), así mismo cuando los elementos estructurales no son continuos.

Tabla 4.30.

Cálculo del momento polar de inercia – 1er piso.

Muro	$\bar{y} = y_i - y_{C.R.}$	\bar{Y}^2	$K_x \cdot \bar{Y}^2$	$\bar{X} = x_i - x_{C.R.}$	\bar{x}^2	$K_y \cdot \bar{x}^2$	J
1X	6.3455	40.2653	1037732.78	-0.4837	0.2340	180.55	1037913.33
2X	3.2455	10.5332	51973.14	-1.2687	1.6097	102.13	52075.28
3X	-2.0795	4.3243	59481.68	-1.9467	3.7898	2281.93	61763.60
4X	-5.3155	28.2546	262981.83	-0.3867	0.1496	12.10	262993.93
5X	1.7955	3.2238	15906.88	0.8333	0.6943	44.06	15950.94
6X	-1.3545	1.8347	81321.29	1.7663	3.1197	508.05	81829.35
7X	-3.3045	10.9198	53880.43	2.7033	7.3077	463.67	54344.10
8X	-5.3155	28.2546	183202.69	2.0433	4.1750	293.59	183496.29
1Y	0.5405	0.2921	183.19	-2.6217	6.8735	2012990.67	2013173.87
2Y	-2.5545	6.5255	603.81	-0.7467	0.5576	7244.44	7848.25
3Y	4.6205	21.3490	4176.60	0.3033	0.0920	5677.11	9853.72
4Y	0.9165	0.8400	84.83	0.3033	0.0920	1473.23	1558.06
5Y	-4.7255	22.3304	1546.72	1.4533	2.1120	13159.14	14705.86
6Y	-0.5845	0.3416	173.60	3.2283	10.4217	2407904.04	2408077.64
Σ							6205584.20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.31.

Cálculo del momento polar de inercia – 2do piso.

Muro	$\bar{y} = y_i - y_{C.R.}$	\bar{Y}^2	$K_x \cdot \bar{Y}^2$	$\bar{X} = x_i - x_{C.R.}$	\bar{x}^2	$K_y \cdot \bar{x}^2$	J
1X	6.3455	40.2653	1037732.78	-0.4837	0.2340	180.55	1037913.33
2X	3.2455	10.5332	51973.14	-1.2687	1.6097	102.13	52075.28
3X	-2.0795	4.3243	59481.68	-1.9467	3.7898	2281.93	61763.60
4X	-5.3155	28.2546	262981.83	-0.3867	0.1496	12.10	262993.93
5X	1.7955	3.2238	15906.88	0.8333	0.6943	44.06	15950.94
6X	-1.3545	1.8347	81321.29	1.7663	3.1197	508.05	81829.35
7X	-3.3045	10.9198	53880.43	2.7033	7.3077	463.67	54344.10
8X	-5.3155	28.2546	183202.69	2.0433	4.1750	293.59	183496.29
1Y	0.5405	0.2921	183.19	-2.6217	6.8735	2012990.67	2013173.87
2Y	-2.5545	6.5255	603.81	-0.7467	0.5576	7244.44	7848.25
3Y	4.6205	21.3490	4176.60	0.3033	0.0920	5677.11	9853.72
4Y	0.9165	0.8400	84.83	0.3033	0.0920	1473.23	1558.06
5Y	-4.7255	22.3304	1546.72	1.4533	2.1120	13159.14	14705.86
6Y	-0.5845	0.3416	173.60	3.2283	10.4217	2407904.04	2408077.64
Σ							6205584.20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.32.

Cálculo del momento polar de inercia – 3er piso.

Muro	$\bar{y} = y_i - y_{C.R.}$	\bar{Y}^2	$K_x \cdot \bar{Y}^2$	$\bar{X} = x_i - x_{C.R.}$	\bar{x}^2	$K_y \cdot \bar{x}^2$	J
1X	6.3455	40.2653	1037732.78	-0.4837	0.2340	180.55	1037913.33
2X	3.2455	10.5332	51973.14	-1.2687	1.6097	102.13	52075.28
3X	-2.0795	4.3243	59481.68	-1.9467	3.7898	2281.93	61763.60
5X	1.7955	3.2238	15906.88	0.8333	0.6943	44.06	15950.94
6X	-1.3545	1.8347	81321.29	1.7663	3.1197	508.05	81829.35
7X	-3.3045	10.9198	53880.43	2.7033	7.3077	463.67	54344.10
8X	-5.3155	28.2546	183202.69	2.0433	4.1750	293.59	183496.29
1Y	0.5405	0.2921	183.19	-2.6217	6.8735	2012990.67	2013173.87
2Y	-2.5545	6.5255	603.81	-0.7467	0.5576	7244.44	7848.25
3Y	4.6205	21.3490	4176.60	0.3033	0.0920	5677.11	9853.72
4Y	0.9165	0.8400	84.83	0.3033	0.0920	1473.23	1558.06
5Y	-4.7255	22.3304	1546.72	1.4533	2.1120	13159.14	14705.86
6Y	-0.5845	0.3416	173.60	3.2283	10.4217	2407904.04	2408077.64
Σ							5942590.27

Fuente: Elaboración propia.

2.9.8.10. Cálculo de cortantes de traslación absorbida por cada muro portante.

La cortante de traslación absorbida de cada muro será en función de la rigidez de cada muro. Para lo cual se empleará la siguiente expresión:

$$V_{tras i} = \left(\frac{K_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \right) x V_n$$

Donde K es la rigidez del muro en función a la dirección analizada y Vn es la cortante por piso obtenido del análisis sísmico estático para un sismo moderado, esta cortante está de acuerdo a la dirección analizada.

A) Cálculo de la cortante de traslación en la dirección "X"

Tabla 4.33.

Cálculo de la cortante de traslación absorbida por cada muro portante en la dirección "X" – 1er y 2do piso.

$$V_{x1}= 88012.72 \text{ kg}$$

$$V_{x2}= 72157.28 \text{ kg}$$

Muro	$V_{tras} = V_{x1} \left(\frac{K_{ix}}{\sum K_{ix}} \right)$	% de Absorción	Muro	$V_{tras} = V_{x2} \left(\frac{K_{ix}}{\sum K_{ix}} \right)$	% de Absorción
1X	19547.634	22.21%	1X	16026.138	22.21%
2X	3742.459	4.25%	2X	3068.257	4.25%
3X	10432.821	11.85%	3X	8553.354	11.85%
4X	7059.529	8.02%	4X	5787.758	8.02%
5X	3742.459	4.25%	5X	3068.257	4.25%
6X	33618.713	38.20%	6X	27562.319	38.20%
7X	3742.459	4.25%	7X	3068.257	4.25%
8X	4917.924	5.59%	8X	4031.963	5.59%
1Y	475.630	0.54%	1Y	389.945	0.54%
2Y	70.181	0.08%	2Y	57.538	0.08%
3Y	148.384	0.17%	3Y	121.652	0.17%
4Y	76.598	0.09%	4Y	62.799	0.09%
5Y	52.536	0.06%	5Y	43.072	0.06%
6Y	385.396	0.44%	6Y	315.967	0.44%
Σ	88012.722	100.00%	Σ	72157.276	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.34.

Cálculo de la cortante de traslación absorbida por cada muro portante en la dirección “X” – 3er piso.

$$V_{x3}= 39491.88 \text{ kg}$$

Muro	$V_{tras} = V_{x3} \left(\frac{K_{ix}}{\sum K_{ix}} \right)$	% de Absorción
1X	9536.039	24.15%
2X	1825.706	4.62%
3X	5089.505	12.89%
5X	1825.706	4.62%
6X	16400.418	41.53%
7X	1825.706	4.62%
8X	2399.140	6.08%
1Y	232.029	0.59%
2Y	34.237	0.09%
3Y	72.387	0.18%
4Y	37.367	0.09%
5Y	25.629	0.06%
6Y	188.010	0.48%
Σ	39491.881	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

B) Cálculo de la cortante de traslación en la dirección “Y”

Tabla 4.35.

Cálculo de la cortante de traslación absorbida por cada muro portante en la dirección
“Y” – 1er y 2do piso.

$$V_{y1} = 88012.72 \text{ kg}$$

$$V_{y2} = 72157.28 \text{ kg}$$

Muro	$V_{tras} = V_{y1} \left(\frac{K_{iy}}{\sum K_{iy}} \right)$	% de Absorción	Muro	$V_{tras} = V_{y2} \left(\frac{K_{iy}}{\sum K_{iy}} \right)$	% de Absorción
1X	109.051	0.12%	1X	89.406	0.10%
2X	8.967	0.01%	2X	7.352	0.01%
3X	85.098	0.10%	3X	69.767	0.08%
4X	11.433	0.01%	4X	9.373	0.01%
5X	8.967	0.01%	5X	7.352	0.01%
6X	23.016	0.03%	6X	18.869	0.02%
7X	8.967	0.01%	7X	7.352	0.01%
8X	9.939	0.01%	8X	8.148	0.01%
1Y	41389.820	47.03%	1Y	33933.465	38.56%
2Y	1836.138	2.09%	2Y	1505.359	1.71%
3Y	8723.630	9.91%	3Y	7152.072	8.13%
4Y	2263.808	2.57%	4Y	1855.984	2.11%
5Y	880.568	1.00%	5Y	721.934	0.82%
6Y	32653.321	37.10%	6Y	26770.842	30.42%
Σ	88012.722	100.00%	Σ	72157.276	81.99%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.36.

Cálculo de la cortante de traslación absorbida por cada muro portante en la
dirección “Y” – 3er piso.

$$V_{y3} = 39491.88 \text{ kg}$$

Muro	$V_{tras} = V_{y3} \left(\frac{K_{iy}}{\sum K_{iy}} \right)$	% de Absorción
1X	48.938	0.06%
2X	4.024	0.00%
3X	38.189	0.04%
5X	4.024	0.00%
6X	10.329	0.01%
7X	4.024	0.00%
8X	4.460	0.01%
1Y	18574.294	21.10%
2Y	823.994	0.94%
3Y	3914.858	4.45%
4Y	1015.917	1.15%
5Y	395.168	0.45%
6Y	14653.661	16.65%
Σ	39491.881	44.87%

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas mostradas podemos observar que para la dirección “X” el muro 6X absorbe el mayor porcentaje de cortante 38.20%, mientras en la dirección “Y” el muro 1Y absorbe el 47.03%. Por tanto, estos muros son los más esforzados.

2.9.8.11. Cálculo del momento torsor y de las excentricidades de diseño.

A continuación, se mostrará algunos resúmenes de las tablas mostradas anteriormente, así mismo se calculará las excentricidades accidentales (5%), excentricidades reales de la estructura y las excentricidades con la que se calculará el incremento de la cortante por torsión ($e_{\text{diseño}}$).

A) Cálculo de excentricidad accidental

Cálculo de excentricidad accidentada para "X" e "Y"

$$e_{acc} = 0.05xd$$

Donde:

d = dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la analizada (dx y dy)

B) Cálculo de excentricidad real

La excentricidad real se calcula para las dos direcciones una vez determinada el centro de masa (C.M.) y el centro de rigidez (C.R.)

Para eje X = $e_x = X_{C.M.} - X_{C.R.}$

Para eje Y = $e_Y = Y_{C.M.} - Y_{C.R.}$

C) Cálculo de excentricidad de diseño

Se calculará dos condiciones por cada dirección de análisis

Para eje X = $e'_x = |e_x| + e_{accx} \longrightarrow 1ra \text{ condición}$
 $e'_x = |e_x| - e_{accx} \longrightarrow 2da \text{ condición}$

Para eje Y = $e'_Y = |e_y| + e_{accy} \longrightarrow 1ra \text{ condición}$
 $e'_Y = |e_y| - e_{accy} \longrightarrow 2da \text{ condición}$

Cálculo de momento torsor

$$M_t = V_n * e'$$

Donde:

V_n = Fuerza cortante de diseño

e' = Excentricidad de diseño

Tabla 4.37.

Cálculo de excentricidades y del momento torsor – 1er, 2do y 3er piso

1er Piso		2do Piso		3er Piso	
Descripcion	Valores	Descripcion	Valores	Descripcion	Valores
V_x (1)	88012.72 kg	V_x (1)	72157.28 kg	V_x (1)	39491.88 kg
V_y (1)	88012.72 kg	V_y (1)	72157.28 kg	V_y (1)	39491.88 kg
F_x (1)	15855.45 kg				
F_x (2)	32665.40 kg	F_x (2)	32665.40 kg	F_x (3)	39491.88 kg
F_x (3)	39491.88 kg	F_x (3)	39491.88 kg		
				F_y (3)	39491.88 kg
F_y (1)	15855.45 kg	F_y (2)	32665.40 kg		
F_y (2)	32665.40 kg	F_y (3)	39491.88 kg	$X_{C.M.}$	3.0360 m
F_y (3)	39491.88 kg			$Y_{C.M.}$	5.2007 m
		$X_{C.M.}$	2.936225615	$X_{C.R.}$	2.6968 m
$X_{C.M.}$	2.9362 m	$Y_{C.M.}$	5.3686 m	$Y_{C.R.}$	5.8540 m
$Y_{C.M.}$	5.3686 m	$X_{C.R.}$	2.6967 m	d_x	6.0000 m
$X_{C.R.}$	2.6967 m	$Y_{C.R.}$	5.3905 m	d_y	11.8610 m
$Y_{C.R.}$	5.3905 m	d_x	6.0000 m	J (3)	5942590.27 cm4
d_x (Anc	6.0000 m	d_y	11.8610 m	PESO NIVEL	58392.43 kg
d_y (Largo)	11.8610 m	J (2)	6205584.2021 m	C_x	2.50
J (1)	6205584.20 cm4	PESO NIVEL	72448.25 cm4	C_y	2.50
PESO NIVEL	70331.27 kg	C_x	2.50 kg	T_x	0.135 s
C_x	2.50	C_y	2.50	T_y	0.135 s
C_y	2.50	T_x	0.14	M_{tx1}	36815.16 kgf.m
T_x	0.135 s	T_y	0.135 s	M_{tx2}	-10026.16 kgf.m
T_y	0.135 s	M_{tx1}	60074.203 s	M_{ty1}	37649.76 kgf.m
M_{tx1}	73274.58 kgf.m	M_{tx2}	-25511.54 kgf.m	M_{ty2}	13954.63 kgf.m
M_{tx2}	-31117.31 kgf.m	M_{ty1}	23227.99 kgf.m	e_{x+} (diseño)	0.9322 m
M_{ty1}	28331.98 kgf.m	M_{ty2}	-20066.38 kgf.m	e_{x-} (diseño)	-0.2539 m
M_{ty2}	-24475.66 kgf.m	e_{x+} (diseño)	0.83 kgf.m	e_{y+} (diseño)	0.9534 m
e_{x+} (diseño)	0.8325 m	e_{x-} (diseño)	-0.3536 m	e_{y-} (diseño)	0.3534 m
e_{x-} (diseño)	-0.3536 m	e_{y+} (diseño)	0.3219 m	e_x (real)	0.3392 m
e_{y+} (diseño)	0.3219 m	e_{y-} (diseño)	-0.2781 m	e_y (real)	-0.6534 m
e_{y-} (diseño)	-0.2781 m	e_x (real)	0.2395 m	e_{accx}	0.5931 m
e_x (real)	0.2395 m	e_y (real)	-0.0219 m	e_{accy}	0.3000 m
e_y (real)	-0.0219 m	e_{accx}	0.5931 m		
e_{accx}	0.5931 m	e_{accy}	0.3000 m		
e_{accy}	0.3000 m				

Fuente: Elaboración propia.

2.9.8.12. Cálculo de incrementos de cortantes por torsión.

A) Cálculo de los incrementos de fuerza cortante debido al momento torsor (ΔV)

Se calculará para cada muro.

$$\text{Para eje X: } \Delta V_{1ix} = \frac{M_{t1x} x \left(\frac{k_{ix}}{Em} \right) x \bar{Y}}{J} ; \Delta V_{2ix} = \frac{M_{t2x} x \left(\frac{k_{ix}}{Em} \right) x \bar{Y}}{J}$$

$$\text{Para eje Y : } \Delta V_{1iY} = \frac{M_{t1Y} x \left(\frac{k_{iy}}{E_m} \right) x \bar{X}}{J} ; \Delta V_{2iY} = \frac{M_{t2Y} x \left(\frac{k_{iy}}{E_m} \right) x \bar{X}}{J}$$

$$J = \sum \left(\frac{k_{ix}}{E_m} \right) * (\bar{Y})^2 + \sum \left(\frac{k_{iy}}{E_m} \right) * (\bar{X})^2$$

Tabla 4.38.

Cálculo de incremento de cortantes por torsión – 1er piso.

Muro	K_x	K_y	$\bar{y} = y_i - y_{C.R.}$	$\bar{X} = x_i - x_{C.R.}$	DIRECCION X		DIRECCION Y	
					ΔV_{1x}	ΔV_{2x}	ΔV_{1y}	ΔV_{2y}
1X	25772.397	771.618	6.3455	-0.4837	1931.038	-820.049	-1.704	1.472
2X	4934.211	63.449	3.2455	-1.2687	189.090	-80.300	-0.368	0.318
3X	13755.056	602.130	-2.0795	-1.9467	-337.749	143.431	-5.352	4.623
4X	9307.571	80.898	-5.3155	-0.3867	-584.187	248.085	-0.143	0.123
5X	4934.211	63.449	1.7955	0.8333	104.610	-44.424	0.241	-0.209
6X	44324.281	162.853	-1.3545	1.7663	-708.914	301.053	1.313	-1.134
7X	4934.211	63.449	-3.3045	2.7033	-192.529	81.761	0.783	-0.676
8X	6483.992	70.323	-5.3155	2.0433	-406.966	172.825	0.656	-0.567
1Y	627.090	292863.831	0.5405	-2.6217	4.002	-1.700	-3505.484	3028.345
2Y	92.530	12992.046	-2.5545	-0.7467	-2.791	1.185	-44.293	38.264
3Y	195.635	61726.184	4.6205	0.3033	10.673	-4.533	85.466	-73.833
4Y	100.990	16018.130	0.9165	0.3033	1.093	-0.464	22.179	-19.160
5Y	69.265	6230.674	-4.7255	1.4533	-3.865	1.641	41.340	-35.714
6Y	508.122	231046.584	-0.5845	3.2283	-3.507	1.489	3405.364	-2941.853

$$X_{C.R.} = 2.6967 \text{ m}$$

$$Y_{C.R.} = 5.3905 \text{ m}$$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.39.

Cálculo de incremento de cortantes por torsión – 2do piso.

Muro	K_x	K_y	$\bar{y} = y_i - y_{C.R.}$	$\bar{X} = x_i - x_{C.R.}$	DIRECCION X		DIRECCION Y	
					ΔV_{1x}	ΔV_{2x}	ΔV_{1y}	ΔV_{2y}
1X	25772.397	771.618	6.3455	-0.4837	1583.163	-672.317	-1.397	1.207
2X	4934.211	63.449	3.2455	-1.2687	155.026	-65.834	-0.301	0.260
3X	13755.056	602.130	-2.0795	-1.9467	-276.903	117.592	-4.388	3.790
4X	9307.571	80.898	-5.3155	-0.3867	-478.946	203.393	-0.117	0.101
5X	4934.211	63.449	1.7955	0.8333	85.764	-36.421	0.198	-0.171
6X	44324.281	162.853	-1.3545	1.7663	-581.204	246.818	1.077	-0.930
7X	4934.211	63.449	-3.3045	2.7033	-157.845	67.031	0.642	-0.555
8X	6483.992	70.323	-5.3155	2.0433	-333.651	141.691	0.538	-0.465
1Y	627.090	292863.831	0.5405	-2.6217	3.281	-1.393	-2873.973	2482.791
2Y	92.530	12992.046	-2.5545	-0.7467	-2.288	0.972	-36.314	31.371
3Y	195.635	61726.184	4.6205	0.3033	8.751	-3.716	70.069	-60.532
4Y	100.990	16018.130	0.9165	0.3033	0.896	-0.381	18.183	-15.708
5Y	69.265	6230.674	-4.7255	1.4533	-3.169	1.346	33.893	-29.280
6Y	508.122	231046.584	-0.5845	3.2283	-2.875	1.221	2791.890	-2411.880

$$X_{C.R.} = 2.6967 \text{ m}$$

$$Y_{C.R.} = 5.3905 \text{ m}$$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.40.

Cálculo de incremento de cortantes por torsión – 3er piso.

Muro	K_x	K_y	$\bar{y} = y_i - y_{C.R.}$	$\bar{X} = x_i - x_{C.R.}$	DIRECCION X		DIRECCION Y	
					ΔV_{1x}	ΔV_{2x}	ΔV_{1y}	ΔV_{2y}
1X	25772.397	771.618	5.8820	-0.4838	939.133	-255.762	-2.365	-0.877
2X	4934.211	63.449	2.7820	-1.2688	85.039	-23.159	-0.510	-0.189
3X	13755.056	602.130	-2.5430	-1.9468	-216.704	59.017	-7.427	-2.753
5X	4934.211	63.449	1.3320	0.8332	40.715	-11.088	0.335	0.124
6X	44324.281	162.853	-1.8180	1.7662	-499.226	135.958	1.822	0.675
7X	4934.211	63.449	-3.7680	2.7032	-115.182	31.368	1.087	0.403
8X	6483.992	70.323	-5.7790	2.0432	-232.140	63.220	0.910	0.337
1Y	627.090	292863.831	0.0770	-2.6218	0.299	-0.081	-4864.615	-1803.037
2Y	92.530	12992.046	-3.0180	-0.7468	-1.730	0.471	-61.469	-22.783
3Y	195.635	61726.184	4.1570	0.3032	5.038	-1.372	118.580	43.951
4Y	100.990	16018.130	0.4530	0.3032	0.283	-0.077	30.772	11.405
5Y	69.265	6230.674	-5.1890	1.4532	-2.227	0.606	57.366	21.262
6Y	508.122	231046.584	-1.0480	3.2282	-3.299	0.898	4725.514	1751.480

$$X_{C.R.} = 2.6968 \text{ m}$$

$$Y_{C.R.} = 5.8540 \text{ m}$$

Fuente: Elaboración propia.

2.9.8.13. Cálculo de los cortantes de diseño.

La cortante de diseño es la resultante de la cortante de traslación más la cortante originado por la torsión de la estructura.

$$V_{\text{diseño}} = V_{\text{traslación}} + \Delta V_{\text{torsión}}$$

A) Cortantes de diseño en la dirección “X”

Las fuerzas cortantes de diseño son mayores en los primeros pisos.

Tabla 4.41.

Cálculo de cortantes de diseño en la dirección “X” – 1er piso.

$$V_{x1} = 88012.72 \text{ kg}$$

Muro	ΔV_{xtras}	ΔV_{1x}	ΔV_{2x}	ΔV_x (asumido)	ΔV_x (diseño)	% de Absorción
1X	19547.634	1931.038	-820.049	1931.038	21478.672	24.40%
2X	3742.459	189.090	-80.300	189.090	3931.549	4.47%
3X	10432.821	-337.749	143.431	143.431	10576.252	12.02%
4X	7059.529	-584.187	248.085	248.085	7307.614	8.30%
5X	3742.459	104.610	-44.424	104.610	3847.069	4.37%
6X	33618.713	-708.914	301.053	301.053	33919.765	38.54%
7X	3742.459	-192.529	81.761	81.761	3824.220	4.35%
8X	4917.924	-406.966	172.825	172.825	5090.749	5.78%
1Y	475.630	4.002	-1.700	4.002	479.632	0.54%
2Y	70.181	-2.791	1.185	1.185	71.367	0.08%
3Y	148.384	10.673	-4.533	10.673	159.057	0.18%
4Y	76.598	1.093	-0.464	1.093	77.691	0.09%
5Y	52.536	-3.865	1.641	1.641	54.177	0.06%
6Y	385.396	-3.507	1.489	1.489	386.886	0.44%
Σ						103.63%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.42.

Cálculo de cortantes de diseño en la dirección “X” – 2do piso.

$$V_{x2} = 72157.28 \text{ kg}$$

Muro	ΔV_{xtras}	ΔV_{1x}	ΔV_{2x}	ΔV_x (asumido)	ΔV_x (diseño)	% de Absorción
1X	16026.138	1583.163	-672.317	1583.163	17609.300	24.40%
2X	3068.257	155.026	-65.834	155.026	3223.283	4.47%
3X	8553.354	-276.903	117.592	117.592	8670.945	12.02%
4X	5787.758	-478.946	203.393	203.393	5991.151	8.30%
5X	3068.257	85.764	-36.421	85.764	3154.021	4.37%
6X	27562.319	-581.204	246.818	246.818	27809.137	38.54%
7X	3068.257	-157.845	67.031	67.031	3135.288	4.35%
8X	4031.963	-333.651	141.691	141.691	4173.653	5.78%

1Y	389.945	3.281	-1.393	3.281	393.226	0.54%
2Y	57.538	-2.288	0.972	0.972	58.510	0.08%
3Y	121.652	8.751	-3.716	8.751	130.403	0.18%
4Y	62.799	0.896	-0.381	0.896	63.695	0.09%
5Y	43.072	-3.169	1.346	1.346	44.417	0.06%
6Y	315.967	-2.875	1.221	1.221	317.188	0.44%
Σ						103.63%

Fuente: Elaboración propia.

El mayor cortante por torsión se origina en el muro 1X, así mismo la cortante por torsión representa el 3.63% de la cortante de traslación en el 1er y 2do piso.

Tabla 4.43.

Cálculo de cortantes de diseño en la dirección “X” – 3er piso.

$$V_{x3} = 39491.88 \text{ kg}$$

Muro	ΔV_{xtras}	ΔV_{1x}	ΔV_{2x}	ΔV_x (asumido)	ΔV_x (diseño)	% de Absorción
1X	9536.039	939.133	-255.762	939.133	10475.172	26.52%
2X	1825.706	85.039	-23.159	85.039	1910.745	4.84%
3X	5089.505	-216.704	59.017	59.017	5148.522	13.04%
5X	1825.706	40.715	-11.088	40.715	1866.421	4.73%
6X	16400.418	-499.226	135.958	135.958	16536.376	41.87%
7X	1825.706	-115.182	31.368	31.368	1857.075	4.70%
8X	2399.140	-232.140	63.220	63.220	2462.361	6.24%
1Y	232.029	0.299	-0.081	0.299	232.328	0.59%
2Y	34.237	-1.730	0.471	0.471	34.708	0.09%
3Y	72.387	5.038	-1.372	5.038	77.425	0.20%
4Y	37.367	0.283	-0.077	0.283	37.651	0.10%
5Y	25.629	-2.227	0.606	0.606	26.235	0.07%
6Y	188.010	-3.299	0.898	0.898	188.909	0.48%
Σ						103.45%

Fuente: Elaboración propia.

En el 3er piso en la dirección “X” la cortante originado por la torsión representa el 3.45% de la cortante de traslación.

B) Cortantes de diseño en la dirección “Y”

Tabla 4.44.

Cálculo de cortantes de diseño en la dirección “Y” – 1er piso.

$$V_{y1} = 88012.72 \text{ kg}$$

Muro	ΔV_{ytras}	ΔV_{1y}	ΔV_{2y}	ΔV_y (asumido)	ΔV_y (diseño)	% de Absorción
1X	109.051	-1.704	1.472	1.472	110.523	0.13%
2X	8.967	-0.368	0.318	0.318	9.285	0.01%
3X	85.098	-5.352	4.623	4.623	89.721	0.10%
4X	11.433	-0.143	0.123	0.123	11.556	0.01%
5X	8.967	0.241	-0.209	0.241	9.209	0.01%
6X	23.016	1.313	-1.134	1.313	24.329	0.03%
7X	8.967	0.783	-0.676	0.783	9.750	0.01%
8X	9.939	0.656	-0.567	0.656	10.595	0.01%
1Y	41389.820	-3505.484	3028.345	3028.345	44418.166	50.47%
2Y	1836.138	-44.293	38.264	38.264	1874.402	2.13%
3Y	8723.630	85.466	-73.833	85.466	8809.096	10.01%
4Y	2263.808	22.179	-19.160	22.179	2285.987	2.60%
5Y	880.568	41.340	-35.714	41.340	921.908	1.05%
6Y	32653.321	3405.364	-2941.853	3405.364	36058.685	40.97%
Σ						107.53%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.45.

Cálculo de cortantes de diseño en la dirección “Y” – 2do piso.

$$V_{y2}=72157.28 \text{ kg}$$

Muro	ΔV_{ytras}	ΔV_{1y}	ΔV_{2y}	ΔV_y (asumido)	ΔV_y (diseño)	% de Absorción
1X	89.406	-1.397	1.207	1.207	90.613	0.13%
2X	7.352	-0.301	0.260	0.260	7.612	0.01%
3X	69.767	-4.388	3.790	3.790	73.558	0.10%
4X	9.373	-0.117	0.101	0.101	9.475	0.01%
5X	7.352	0.198	-0.171	0.198	7.550	0.01%
6X	18.869	1.077	-0.930	1.077	19.946	0.03%
7X	7.352	0.642	-0.555	0.642	7.994	0.01%
8X	8.148	0.538	-0.465	0.538	8.686	0.01%
1Y	33933.465	-2873.973	2482.791	2482.791	36416.256	50.47%
2Y	1505.359	-36.314	31.371	31.371	1536.730	2.13%
3Y	7152.072	70.069	-60.532	70.069	7222.142	10.01%
4Y	1855.984	18.183	-15.708	18.183	1874.167	2.60%
5Y	721.934	33.893	-29.280	33.893	755.827	1.05%
6Y	26770.842	2791.890	-2411.880	2791.890	29562.732	40.97%
Σ						107.53%

Fuente: Elaboración propia.

Para la dirección “Y”, en el 1er y 2do piso la cortante originado por la torsión representa el 7.53% de la cortante de traslación de la misma dirección. Por otro lado el mayor incremento de la cortante por torsión se da en el muro 6Y con 2791.89 kg. Tabla 4.46.

Cálculo de cortantes de diseño en la dirección “Y” – 3er piso.

$$V_{y3}=39491.88 \text{ kg}$$

Muro	ΔV_{ytras}	ΔV_{1y}	ΔV_{2y}	ΔV_y (asumido)	ΔV_y (diseño)	% de Absorción
1X	48.938	-2.365	-0.877	0.000	48.938	0.12%
2X	4.024	-0.510	-0.189	0.000	4.024	0.01%
3X	38.189	-7.427	-2.753	0.000	38.189	0.10%
5X	4.024	0.335	0.124	0.335	4.359	0.01%
6X	10.329	1.822	0.675	1.822	12.151	0.03%
7X	4.024	1.087	0.403	1.087	5.111	0.01%
8X	4.460	0.910	0.337	0.910	5.370	0.01%
1Y	18574.294	-4864.615	-1803.037	0.000	18574.294	47.03%
2Y	823.994	-61.469	-22.783	0.000	823.994	2.09%
3Y	3914.858	118.580	43.951	118.580	4033.438	10.21%
4Y	1015.917	30.772	11.405	30.772	1046.689	2.65%
5Y	395.168	57.366	21.262	57.366	452.534	1.15%
6Y	14653.661	4725.514	1751.480	4725.514	19379.174	49.07%
Σ						112.50%

Fuente: Elaboración propia.

Para el 3er piso en la dirección “Y”, la cortante por torsión sufre un aumento de 4.97% con respecto al 1er y 2do piso. Además de igual modo al piso 1 y 2 la mayor cortante por torsión se da en el muro 6Y con 4725.51 kg.

2.9.8.14. Resumen de cortantes de diseño.

A continuación, se presentará en una tabla a manera de resumen las cortantes de diseño (V_e) del 1er, 2do y 3er piso, ocasionado por un sismo moderado.

Tabla 4.47.

Resumen de cortantes de diseño por piso ocasionado por un sismo moderado en muros “X”.

Muro	Primer piso		Segundo piso		Tercer piso	
	V_e	% de Absorción	V_e	% de Absorción	V_e	% de Absorción
1X	21478.672	23.87%	17609.300	23.87%	10475.1725	26.02%
2X	3931.549	4.37%	3223.283	4.37%	1910.74524	4.75%
3X	10576.252	11.75%	8670.945	11.75%	5148.52222	12.79%
4X	7307.614	8.12%	5991.151	8.12%		
5X	3847.069	4.28%	3154.021	4.28%	1866.42148	4.64%
6X	33919.765	37.70%	27809.137	37.70%	16536.3759	41.08%
7X	3824.220	4.25%	3135.288	4.25%	1857.07462	4.61%
8X	5090.749	5.66%	4173.653	5.66%	2462.36082	6.12%
Σ	89975.889	100.00%	73766.779	100.00%	40256.673	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.48.

Resumen de cortantes de diseño por piso ocasionado por un sismo moderado en muros "Y".

Muro	Primer piso		Segundo piso		Tercer piso	
	V_e	% de Absorción	V_e	% de Absorción	V_e	% de Absorción
1Y	44418.166	47.069%	36416.256	47.069%	18574.29	41.919%
2Y	1874.402	1.986%	1536.730	1.986%	823.99	1.860%
3Y	8809.096	9.335%	7222.142	9.335%	4033.44	9.103%
4Y	2285.987	2.422%	1874.167	2.422%	1046.69	2.362%
5Y	921.908	0.977%	755.827	0.977%	452.53	1.021%
6Y	36058.685	38.211%	29562.732	38.211%	19379.17	43.735%
Σ	94368.244	100.00%	77367.853	100.00%	44310.124	100.00%

Fuente: Elaboración propia

2.9.9. Diseño de albañilería confinada.

A) Cálculo de momento flector por sismo moderado

El momento flector será calculado con la cortante de diseño

$$M_e = V_e \cdot x \cdot h'$$

Donde:

h' = es la altura donde actúa la fuerza cortante a nivel estructural según San Bartolomé, esta altura puede variar desde 50 -70% de la altura total de la edificación

$$h_{\text{total edif.}} = 8.10 \text{ m}$$

$$h' = 65\% \times h_{\text{total}} = 5.265 \text{ m}$$

B) Cálculo del factor de reducción de la resistencia al corte por esbeltez de los muros

Esto mide la relación de la altura con la dimensión de muro para una mejor estabilidad

$$\alpha = \frac{V_e x L}{M_e} = \frac{V_e x L}{V_e x h} = \frac{L}{h}$$

Donde:

L = Longitud del muro

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1$$

C) Cálculo de la resistencia al corte

La resistencia a la cortante será calculada con la siguiente expresión, el cual es aplicable para muros con unidades de arcilla y de concreto.

$$V_m = 0,5 \cdot v_m' \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 \cdot P_g$$

Tabla 4.49.

Diseño de muros portantes verificación (Norma E. 070) Dirección “X” – 1er Piso

Muro	V'_m kg/cm ²	t (m)	l(m)	V_e (kg)	h'(m)	M_e (kg-m)	α	α min.	α asum	P_g	V_m (kg)	0.55 V_m	V_{m1}/V_{e1} calculado	V_{m1}/V_{e1} minimo	V_{m1}/V_{e1} max.	V_{m1}/V_{e1} asumo	V_u (kg)	M_u (kg-m)	Condición
1X	4.95	0.255	1.73	21478.67	5.27	113085.21	0.33	0.33	0.33	7986.89	41871.35	23029.24	1.949	2.00	3.00	2.00	42957.34	226170.41	¡Cumple!
2X	4.95	0.125	1.20	3931.55	5.27	20699.61	0.23	0.33	0.33	3518.28	13184.20	7251.31	3.353	2.00	3.00	3.00	11794.65	62098.82	¡Cumple!
3X	4.95	0.255	1.35	10576.25	5.27	55683.96	0.26	0.33	0.33	6232.55	29834.11	16408.76	2.821	2.00	3.00	2.82	29834.11	157076.59	¡Cumple!
4X	4.95	0.125	1.53	7307.61	5.27	38474.59	0.29	0.33	0.33	4485.81	16809.86	9245.42	2.300	2.00	3.00	2.30	16809.86	88503.92	¡Cumple!
5X	4.95	0.125	1.20	3847.07	5.27	20254.82	0.23	0.33	0.33	4676.60	13450.62	7397.84	3.496	2.00	3.00	3.00	11541.21	60764.45	¡Cumple!
6X	4.95	0.125	3.08	33919.77	5.27	178587.56	0.58	0.33	0.58	9030.25	63393.97	34866.68	1.869	2.00	3.00	2.00	67839.53	357175.13	¡Cumple!
7X	4.95	0.125	1.20	3824.22	5.27	20134.52	0.23	0.33	0.33	3518.28	13184.20	7251.31	3.448	2.00	3.00	3.00	11472.66	60403.55	¡Cumple!
8X	4.95	0.125	1.33	5090.75	5.27	26802.79	0.25	0.33	0.33	3899.43	14612.49	8036.87	2.870	2.00	3.00	2.87	14612.49	76934.78	¡Cumple!
206340.80												113487.44							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.50.

Diseño de muros portantes verificación (Norma E. 070) Dirección “Y” – 1er Piso

Muro	V'_m kg/cm ²	t (m)	l(m)	V_e (kg)	h'(m)	M_e (kg-m)	α	α min.	α asum	P_g	V_m (kg)	0.55 V_m	V_{m1}/V_{e1} calculado	V_{m1}/V_{e1} minimo	V_{m1}/V_{e1} max.	V_{m1}/V_{e1} asumo	V_u (kg)	M_u (kg-m)	Condición
1Y	4.95	0.125	11.86	44418.166	5.27	233861.64	2.25	0.33	1.00	50830.41	378609.74	208235.36	8.524	2.00	3.00	3.00	133254.50	701584.93	¡Cumple!
2Y	4.95	0.125	1.75	1874.402	5.27	9868.73	0.33	0.33	0.33	6174.26	19466.96	10706.83	10.386	2.00	3.00	3.00	5623.21	29606.19	¡Cumple!
3Y	4.95	0.125	3.70	8809.096	5.27	46379.89	0.7	0.33	0.70	19176.72	84854.02	46669.71	9.633	2.00	3.00	3.00	26427.29	139139.67	¡Cumple!
4Y	4.95	0.125	1.91	2285.987	5.27	12035.72	0.36	0.33	0.36	10729.80	4611.50	2536.33	2.017	2.00	3.00	2.02	4611.50	24279.56	¡Cumple!
5Y	4.95	0.125	1.31	921.908	5.27	4853.85	0.25	0.33	0.33	5968.08	2723.60	1497.98	2.954	2.00	3.00	2.95	2723.60	14339.73	¡Cumple!
6Y	4.95	0.125	9.61	36058.685	5.27	189848.98	1.83	0.33	1.00	43689.06	307357.86	169046.82	8.524	2.00	3.00	3.00	108176.06	569546.93	¡Cumple!
797623.67												438693.02							

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

V'_m :	Resistencia al corte de la albañilería	V_m :	Resistencia a fuerza cortante
V_e :	Fuerza cortante por sismo moderado	V_{m1}/V_{e1} :	Factor de amplificación para pasar a sismo severo
M_e :	Momento flector por sismo moderado	V_u :	Fuerza cortante última ante sismo severo
α :	Factor de reducción de la resistencia al corte por esbeltez	M_u :	Momento flector último ante sismo severo
P_g :	Carga axial de gravedad	V_E :	Fuerza cortante en la base para sismo severo

A) Verificaciones en dirección "X"

- 1 Ningun muro debe agrietarse ante el sismo moderado : $V_e \leq 0.55V_m$ **¡Cumple!**
- 2 V_{m1}/V_{e1} : Se calcula solo para los muros del primer piso; $2 \leq V_{m1}/V_{e1} \leq 3$
- 3 $\sum V_m \geq V_E$: 206340.80 > 176025.44 **¡Cumple!**

B) Verificaciones en dirección "Y"

- 1 Ningun muro debe agrietarse ante el sismo moderado : $V_e \leq 0.55V_m$ **¡Cumple!**
- 2 V_{m1}/V_{e1} : Se calcula solo para los muros del primer piso; $2 \leq V_{m1}/V_{e1} \leq 3$
- 3 $\sum V_m \geq V_E$: 797623.67 > 176025.44 **¡Cumple!**

2.9.10. Diseño de columnas de confinamiento.

A) Cálculo de momento flector

$$M = M_u - \frac{1}{2}xV_mxh$$

Donde

M_u : Momento flector último ante sismo severo

V_m : Cortante de agrietamiento diagonal en 1er piso

h : altura del 1er piso

B) Cálculo axial de las columnas producidos por M.

$$V = \frac{M}{L}$$

Donde

L : longitud del muro portante 1er piso

C) Cálculo vertical de carga tributaria P_c

$$P_c = \frac{P_g}{N_{colum.}}$$

Donde

P_g : Carga axial de gravedad (CM+% CV)

D) Cálculo de fuerzas internas en columnas

para cálculo de fuerzas internas considerar:

$L_m = L$ en muros de un paño.

Para tracción extrema:

$$T = F - P_c$$

E) Verificación del refuerzo máximo y mínimo para columnas

Según Bernal (2001) sostiene que las cuantías mínimas y máximas en columnas son 0.80% y 9% respectivamente para determinar las cuantías máximas y mínimas para las columnas se tomara la C1 del diseño del proyecto.

cuantía minima	cuantía maxima
0.80%	9.00%
$12.5 \times 40 = 500$	$12.5 \times 40 = 500$
$0.008 \times 500 = 4 \text{ cm}^2$	$0.09 \times 500 = 45 \text{ cm}^2$

El acero utilizado para los estribos es $\varnothing \frac{1}{4}$ " con aceros longitudinales de $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{8}$ " con aceros principales (longitudinales) de $\frac{5}{8}$ " y de $\frac{3}{4}$ ".

$\mu =$ 1.00 Juntas inten. Rugosas

$F_y =$ 4200 kg/cm² Esfuerzo de Fluencia del Acero

$F'_c =$ 210 kg/cm² Esfuerzo del Concreto

$\phi_{\text{estr}} =$ 0.71 cm² Área de acero de estr.

Tabla 4.51.

Diseño de columnas y vigas soleras – Parte I

Muro	1X		2X		3X		4X		5X		6X		7X		8X		1Y		2Y		3Y		4Y		5Y		6Y					
Ubicación	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.				
<u>I. Fuerzas Internas</u>																																
Pg (kg)	7986.89		3518.28		6232.55		4485.81		4676.60		9030.25		3518.28		3899.427		50830.41		6174.26		19176.72		10729.80		5968.08		43689.06					
Vm(kg)	41871.35		13184.20		29834.11		16809.86		13450.62		63393.97		13184.20		14612.49		378609.74		19466.96		84854.02		4611.50		2723.60		307357.86					
Mu (kg)	226170.41		62098.82		157076.59		88503.92		60764.45		357175.13		60403.55		76934.78		701584.93		29606.19		139139.67		24279.56		14339.73		569546.93					
L(m)	1.73		1.20		1.35		1.53		1.20		3.08		1.20		1.33		11.86		1.75		3.70		1.91		1.31		9.61					
Lm	1.73		1.20		1.35		1.53		1.20		3.08		1.20		1.33		11.86		1.75		3.70		1.91		1.31		9.61					
h (altura del primer nivel)	2.70		2.70		2.70		2.70		2.70		2.70		2.70		2.70		2.70		2.70		2.70		2.70		2.70		2.70					
Ncol	2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		5.00		2.00		2.00		2.00		2.00		5.00					
M (kg.m)	169644.10		44300.14		116800.54		65810.60		42606.12		271593.27		42604.87		57207.91		190461.77		3325.80		24586.74		18054.03		10662.87		154613.82					
F (kg)	98060.17		36916.79		86518.92		43013.47		35505.10		88179.63		35504.06		43013.47		16059.17		1900.45		6645.06		9452.37		8139.60		16088.85					
Pc (kg)	3993.45		1759.14		3116.27		2242.90		2338.30		4515.13		1759.14		1949.71		10166.08		3087.13		9588.36		5364.90		2984.04		8737.81					
Vm1.(h/L) kg ^ Vm1(h/2L)	65348.35		29664.46		59668.22		29664.46		30263.89		55572.63		29664.46		29664.46		86192.77		43096.39		30034.73		61920.50		6518.88		86354.45		43177.22			
Vm1.(Lm/L) kg	41871.35		13184.20		29834.11		16809.86		13450.62		63393.97		13184.20		14612.49		378609.74		-		19466.96		84854.02		4611.50		2723.60		307357.86		-	
T(traccion) kg	94066.73		35157.65		83402.65		40770.56		33166.80		83664.51		33744.92		41063.75		5893.09		76026.69		1186.68		2943.29		4087.47		5155.56		7351.04		77616.63	
C (compresion) kg	102053.62		38675.93		89635.19		45256.37		37843.40		92694.76		37263.20		44963.18		26225.25		32930.31		4987.59		16233.42		14817.27		11123.64		24826.66		34439.41	
Vc(fuerza cortante) kg	20935.67		6592.10		14917.06		8404.93		6725.31		31696.98		6592.10		7306.25		15559.30		10372.87		9733.48		10606.75		2305.75		1361.80		76839.46		51226.31	
<u>II. Diseño por comprensión</u>																																
Fy (kg/cm2)	4200.00		4200.00		4200.00		4200.00		4200.00		4200.00		4200.00		4200.00		4200		4200		4200.00		4200.00		4200.00		4200.00		4200.00		4200	
u	1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00	
φ (factor de reduccion de resistencia)	0.85		0.85		0.85		0.85		0.85		0.85		0.85		0.85		0.85		0.85		0.85		0.85		0.85		0.85		0.85		0.85	
As (cm2)	16.62		7.04		15.31		7.66		6.73		15.27		6.80		7.53		4.34		16.65		2.21		2.29		5.73		7.53		8.97		16.30	
As minimo	4.00		3.50		3.50		3.50		3.50		3.50		5.50		3.50		3.50		4.00		3.50		3.50		3.50		3.50		3.50		4.00	
As a usar (cm2)	6 φ 3/4"		4 φ 5/8"		4 φ 3/4"+ 2 φ 5/8"		4 φ 5/8"		4 φ 5/8"		4 φ 3/4"+ 2 φ 5/8"		4 φ 5/8"		4 φ 5/8"		6 φ 3/4"		6 φ 3/4"		4 φ 5/8"		4 φ 5/8"		4 φ 5/8"		4 φ 5/8"		4 φ 5/8"+ 2 φ 1/2"		6 φ 3/4"	
	17.10		7.92		15.36		7.92		7.92		15.36		7.92		7.92		17.10		17.10		5.07		7.92		7.92		7.92		9.03		17.10	
δ	1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00	
C/φ (φ =0.70)	145790.88		55251.32		128050.28		64651.96		54061.99		132421.09		53233.14		64233.11		37464.65		47043.29		7125.12		23190.60		21167.53		15890.91		35466.65		49199.16	
As.Fy	71820.00		33252.68		64512.00		33252.68		33252.68		64512.00		33252.68		33252.68		71820.00		71820.00		21294.00		33252.68		33252.68		33252.68		37908.05		71820.00	
f'c(kg/cm2)	210.00		210.00		210.00		210.00		210.00		210.00		210.00		210.00		210.00		210.00		210.00		210.00		210.00		210.00		210.00		210.00	
0.85 . δ . F'c	178.50		178.50		178.50		178.50		178.50		178.50		178.50		178.50		178.50		178.50		178.50		178.50		178.50		178.50		178.50		178.50	
An	431.50		131.16		371.32		183.82		124.50		395.80		119.85		181.48		175.37		15.94		74.31		48.45		59.79		89.35		4.65		15.83	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.52.

Diseño de columnas y vigas soleras – Parte II

Muro	1X		2X		3X		4X		5X		6X		7X		8X		1Y		2Y		3Y		4Y		5Y		6Y					
Ubicación	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.				
<u>Diseño por corte fricción</u>																																
Acf (cm2)	293.22		184.65		208.92		235.43		188.38		295.96		184.65		204.66		435.83		290.56		272.65		297.11		64.59		38.15		430.47		286.98	
Usar (cm2)	12.5 x 35		12.5 x 35		12.5 x 35		12.5 x 35		12.5 x 35		12.5 x 35		12.5 x 55		12.5 x 35		12.5 x 35		12.5 x 35		12.5 x 35		12.5 x 35		12.5 x 35		12.5 x 35		12.5 x 35			
Ac (cm2)	437.50		437.50		437.50		437.50		437.50		437.50		687.50		437.50		437.50		437.50		437.50		437.50		437.50		437.50		437.50			
An	351.00		346.50		346.50		346.50		346.50		346.50		556.50		346.5		346.50		346.50		346.50		346.50		346.50		346.50		346.50			
<u>IV. Estribos</u>																																
Av	1.42		1.42		1.42		1.42		1.42		1.42		1.42		1.42				1.42		1.42		1.42		1.42		1.42		1.42			
tn	12.00		10.50		10.50		10.50		10.50		10.50		10.50		10.50		10.50		10.50		10.50		10.50		10.50		10.50		10.50			
d	31.50		23.00		33.00		23.00		23.00		33.00		53.00		38.00		38.00		38.00		38.00		38.00		38.00		38.00		38.00			
s ₁	32.01		34.33		34.33		34.33		34.33		34.33		38.30		34.33		34.33		34.33		34.33		34.33		34.33		34.33		34.33			
s ₂	19.72		22.54		22.54		22.54		22.54		22.54		22.54		22.54		22.54		22.54		22.54		22.54		22.54		22.54		22.54			
s ₃	7.88		5.75		8.25		5.75		5.75		8.25		13.25		9.50		9.50		9.50		9.50		9.50		9.50		9.50		9.50			
s ₄	10.00		10.00		10.00		10.00		10.00		10.00		10.00		10.00		10.00		10.00		10.00		10.00		10.00		10.00		10.00			
Usar	φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm		φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm		φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm		φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm		φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm		φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm		φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm		φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm		φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm		φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm		φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm		φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm		φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm		φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm		φ3/8", 9@5,4@10, r@25cm			
<u>V. Vigas</u>																																
Ts (kg)	32674.17		14832.23		29834.11		14832.23		15131.94		27786.32		14832.23		14832.23		43096.39		21548.19		15017.37		30960.25		3259.44		2806.76		43177.22		21588.61	
As(cm2)	8.23		3.92		7.89		3.92		4.00		7.35		3.92		3.92		11.40		5.70		3.97		8.19		0.86		0.74		11.39		5.71	
As a usar (cm2)	4 φ 3/4"		4 φ 1/2"		4 φ 5/8"		4 φ 1/2"		4 φ 1/2"		4 φ 5/8"		4 φ 1/2"		4 φ 1/2"		4 φ 3/4"		4 φ 3/4"		4 φ 1/2"		4 φ 3/4"		4 φ 3/4"		4 φ 1/2"		4 φ 3/4"		4 φ 3/4"	
	8.55		5.07		7.92		5.07		5.07		7.92		5.07		5.07		11.40		11.40		5.07		11.40		11.40		5.067		11.40		11.40	
Acs(cm2)	25x 20		15 x 20		25 x 20		20 x 20		15 x 20		15 x 20		15 x 20		20 x 20		20 x 30		20 x 30		25.5 x 20		20 x 30		20 x 30		20 x 20		20 x 30		20 x 30	
Asmin(cm2)	2.55		2.55		2.55		2.55		2.55		2.55		2.55		2.55		2.55		2.55		2.55		2.55		2.55		2.55		2.55		2.55	
Estribos	φ3/8" 1@5, 4@10, r@25cm		φ3/8" 1@5, 4@10, r@25cm		φ3/8" 1@5, 4@10, r@25cm		φ3/8" 1@5, 4@10, r@25cm		φ3/8" 1@5, 4@10, r@25cm		φ3/8" 1@5, 4@10, r@25cm		φ3/8" 1@5, 4@10, r@25cm		φ3/8" 1@5, 4@10, r@25cm		φ3/8" 1@5,4@10, r@25cm		φ3/8" 1@5, 4@10, r@25cm		φ3/8" 1@5, 4@10, r@25cm		φ3/8" 1@5, 4@10, r@25cm		φ3/8" 1@5, 4@10, r@25cm		φ3/8" 1@5, 4@10, r@25cm		φ3/8" 1@5,4@10, r@25cm			

Fuente: Elaboración propia

2.9.11. Análisis y diseño de losa maciza.

La losa maciza cubrirá el área de llegada de la escalera del 2do y 3er piso.

I. Datos

Espesor de losa (t)	20.00 cm
Peralte util (d)	17.75 cm
b	100.00 cm
$f_y =$	4200.0 kg/cm ²
$f_c =$	210.0 kg/cm ²
L1 =	1.80 m
L2 =	0.58 m

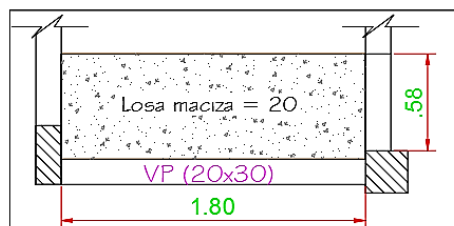


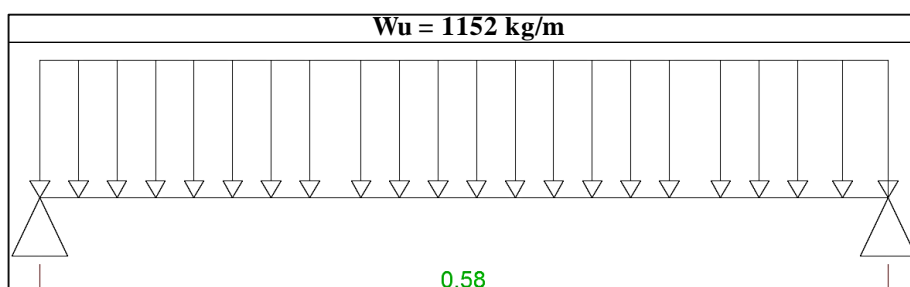
Tabla 4.53.

Metrados de cargas para análisis y diseño de losa maciza.

II. Metrados de cargas				
Carga muertas (CM)	Carga Unitaria	Dimensión		Total
Peso Propio	2400 kg/m ³	0.20	1.00	480.00
Piso terminado	100 kg/m ²		1.00	100.00
SUB TOTAL				580 kg/m
Carga Viva (CV)				
Sobrecarga	200 kg/m ³		1.00	200 kg/m
SUB TOTAL				200 kg/m
Carga Ultima (Wu1)				
Wu1 =	1.4 C.M. + 1.7 C.V.			
Wu1 =	1152 kg/m			

Fuente: Elaboración propia.

III. Analisis e Estructural



$M_{max}^+ =$	$\frac{1}{8} * w_u . l^2$	48.44 kg-m	
---------------	---------------------------	-------------------	--

IV. Diseño por Flexión

Acero positivo

tanteando con $a = 0.2$ $\phi = 0.9$

$$A_s = M_u / \phi f_y (d - (a/2)) = 0.07 \text{ cm}^2$$

comprobando

$$a = A_s f_y / 0.85 f_c b = 0.17 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

Luego;

$$A_s = 0.07 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0.0018 b d = 3.20 \text{ cm}^2$$

como: $A_{smin} > A_s$

tomamos $\rightarrow A_s^+ = 3.20 \text{ cm}^2$

Cantidad	Estribo	Diametro cm	Area cm2
1	ϕ 3/8 "	0.9525	0.71
Total			0.71

Separación (s)

Usando ϕ 3/8"

$$s = A_{barra} * b / A_{calculado} = 22.30 \text{ cm}$$

Colocaremos ϕ 3/8" @ 20 cm

Acero negativo

podemos tomar

$$A_s^- = A_s^+ / 3$$

Colocaremos ϕ 3/8" @ 20 cm

Refuerzo transversal por temperatura

$$A_{st} = 0.0018 b t = 3.60 \text{ cm}^2$$

Colocaremos ϕ 3/8" @ 25 cm

V.Verificación por corte

Fuerza cortante actuante

$$V_u = w_u \cdot l_n / 2 = 334.08 \text{ kg}$$

Fuerza cortante que resiste el concreto (V_c)

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} b x d = 13632.76 \text{ kg}$$

Comparando

$$V_u < V_c \quad \text{CUMPLE}$$

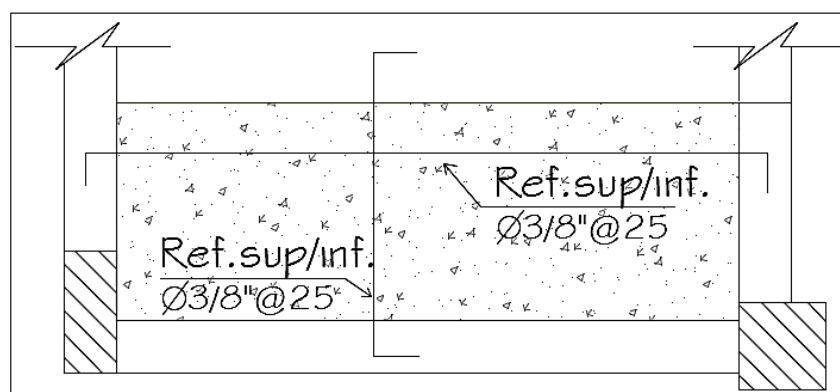


Figura 4. 9. Refuerzo en losas macizas.

2.9.12. Análisis y diseño de losa aligerada unidireccional.

Como se ha visto anteriormente la losa será en dirección “X” y su espesor de 20 cm. Así mismo es típico dado que los elementos verticales no varían de posición y el uso es igual en todos los pisos.

Datos

Espesor de losa (t)	20.00 cm	L1 =	2.68 m
Peralte útil (d)	17.00 cm	L2 =	2.73 m
$f_y =$	4200.0 kg/cm ²	Rec.	2.50 cm
$f'_c =$	210.0 kg/cm ²		

1) Metrados de cargas

Tabla 4.54. Metrados de cargas para análisis y diseño de losa aligerada unidireccional.

Carga muertas (CM)		Carga Unitaria	Dimensión	Total
Peso Propio		300 kg/m ²		300.00
Piso terminado		100 kg/m ²		100.00
SUB TOTAL				400 kg/m²
Carga Viva (CV)				
Sobrecarga		200 kg/m ²		200 kg/m
SUB TOTAL				200 kg/m²
Carga Ultima (Wu1)				
Wu1 =	1.4 C.M. + 1.7 C.V.			
Wu1 =	900 kg/m²			
Carga repartida por vigueta (Wu1)		Ancho de Vigueta (b)		
Wu1 =	900 kg/m ²	0.40 m		360.00 kg/m

Fuente: Elaboración propia.

2) Verificamos si es posible usar método del ACI

a) Cantidad de tramos ≥ 2 Ok

b) Los tramos son casi iguales

la diferencia entre ambas luces no supera el 20%

$$L \cdot 1.20 = 3.22 \text{ m} \quad \text{Ok}$$

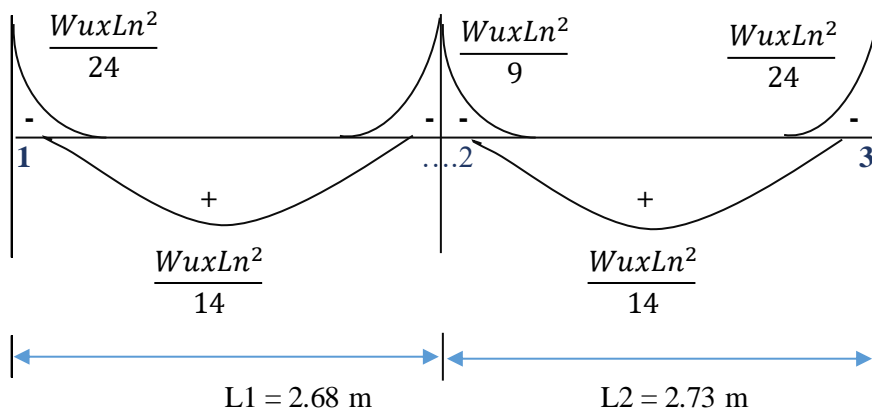
c) La carga en la losa es uniformemente distribuida Ok

d) $W_L \leq 3W_D$

$$200.0 \text{ kg/m}^2 \leq 1200 \text{ kg/m}^2 \quad \text{Ok}$$

e) Los elementos son prismáticos Ok

3) Cálculo de momentos usando el método de coeficientes del ACI



Entonces:

> Momentos negativos

$$M^-_1 = 107.74 \text{ kg.m}$$

$$M^-_2 = 292.68 \text{ kg.m}$$

$$M^-_3 = 111.79 \text{ kg.m}$$

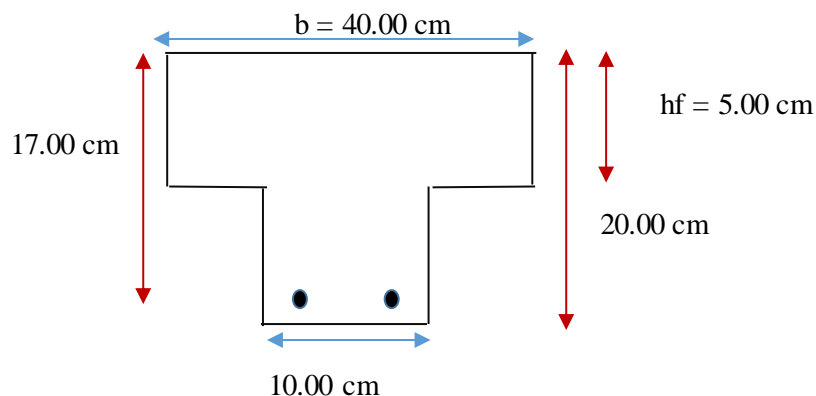
> Momentos Positivos

$$M^+_{1,2} = 184.69 \text{ kg.m}$$

$$M^+_{2,3} = 191.65 \text{ kg.m}$$

4) Verificación si la losa trazará como viga "T" o rectangular

$$Mu^+ = \max M^+ = 191.65 \text{ kg.m}$$



Consideramos $a = hf = 5.00 \text{ cm}$

* Cálculo de momento actuante M_u

$$M_u = \phi x A_s x f_y x \left(d - \frac{hf}{2} \right)$$

$$A_s = 0.35 \text{ cm}^2$$

* Cálculo de la distancia de compresión "c"

$$\sum F_H = 0 \quad T = C \Rightarrow A_s x f_y = 0.85 x f'_c x a x b$$

$$a = 0.21 \text{ cm}$$

$$\text{si } a = \beta_1 * c \quad \text{donde } \beta_1 = 0.85 - \frac{0.05(f'_c - 280)}{70} = 0.85$$

$$\text{Entonces: } c = 0.24 \text{ cm}$$

$$\text{Luego, } c = 0.24 \text{ cm} < hf = 5.00 \text{ cm} \Rightarrow \text{Viga Rectangular}$$

4) Verificación si es simplemente armada o doblemente armada - Mom. positivo

$$M_u^+ = 191.65 \text{ kg.m}$$

$$a_{\text{máx}} = 0.75 x a_b = 0.75 x \beta_1 x \frac{6000}{6000 + f_y} x d$$

$$a_{\text{máx}} = 6.38 \text{ cm}$$

$$M_{\text{máx}} = \phi \left[0.85 x f'_c x a_{\text{máx}} x b x \left(d - \frac{a_{\text{máx}}}{2} \right) \right]$$

$$M_{\text{máx}} = 5658.39 \text{ kg.m}$$

$$\Rightarrow M_{\text{máx}} = 5658.39 \text{ kg} > M_u = 191.65 \text{ kg.m} \Rightarrow \text{Viga Simp. Armada}$$

5) Verificación si es simplemente armada o doblemente armada - Mom. Negativo

$$M_u^- = 292.68 \text{ kg.m} \quad \text{donde } b = 10.00 \text{ cm}$$

$$a_{\text{máx}} = 6.38 \text{ cm}$$

$$M_{\text{máx}} = 1414.60 \text{ kg.m}$$

$$\Rightarrow M_{\text{máx}} = 1414.60 \text{ kg} > M_u = 292.68 \text{ kg.m} \Rightarrow \text{Viga Simp. Armada}$$

6) Cálculo de refuerzo en losas aligeradas unidireccional

a) Para $M^-_1 = 107.74 \text{ kg.m}$ donde $b = 10.00 \text{ cm}$

$$R_u = \frac{Mu}{b * d^2}$$

$$R_u = 3.73 \text{ kg/cm}^2$$

$R_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \rho \text{ (\%)}$

7.38 0.20

3.73 X1

10.94 0.30



$$X1 = 0.10$$

Entonces:

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.17 \text{ cm}^2$$

$\rho \text{ (\%)}$	$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	
	R_u	a/d
0.20	7.38	0.047
0.30	10.94	0.071
0.40	14.41	0.094

$$A_{s \text{ mín } 1} = \frac{0.7x\sqrt{f'c}xbxd}{4200} = 0.41 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín } 2} = \frac{14}{f_y}xbxd = 0.57 \text{ cm}^2$$

* Usar $A_s = 0.57 \text{ cm}^2$

1 de Ø	3/8"
$A_s =$	0.71 cm^2

b) Para $M^+_{1-2} = 184.69 \text{ kg.m}$ donde $b = 40.00 \text{ cm}$

$$R_u = 1.60 \text{ kg/cm}^2$$

$R_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \rho \text{ (\%)}$

7.38 0.20

1.60 X1

10.94 0.30



$$X1 = 0.04$$

Entonces:

$$A_s = 0.26 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín } 1} = \frac{0.7x\sqrt{f'c}xbxd}{f_y} = 1.64 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín } 2} = \frac{14}{f_y}xbxd = 2.27 \text{ cm}^2$$

* Usar $A_s = 2.27 \text{ cm}^2$

2 de Ø	1/2"
$A_s = 2.53 \text{ cm}^2$	

c) Para $M^-_2 = 292.68 \text{ kg.m}$ donde $b = 10.00 \text{ cm}$

$R_u = 10.13 \text{ kg/cm}^2$

$R_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \rho \text{ (%)}$

7.38 0.20

10.13 X1

10.94 0.30



X1 = 0.28

Entonces:

$A_s = 0.47 \text{ cm}^2$

$$A_{s \text{ mín } 1} = \frac{0.7x\sqrt{f'c}bx d}{f_y} = 0.41 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín } 2} = \frac{14}{f_y}bx d = 0.57 \text{ cm}^2$$

* Usar $A_s = 0.57 \text{ cm}^2$

1 de Ø	3/8"
$A_s = 0.71 \text{ cm}^2$	

d) Para $M^+_{2-3} = 191.65 \text{ kg.m}$ donde $b = 40.00 \text{ cm}$

$R_u = 1.66 \text{ kg/cm}^2$

$R_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \rho \text{ (%)}$

7.38 0.20

1.66 X1

10.94 0.30



X1 = 0.04

Entonces:

$$A_s = 0.27 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín } 1} = \frac{0.7x\sqrt{f'c}bx d}{f_y} = 1.64 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín } 2} = \frac{14}{f_y}bx d = 2.27 \text{ cm}^2$$

* Usar $A_s = 2.27 \text{ cm}^2$

2 de Ø	1/2"
$A_s =$	2.53 cm^2

e) Para $M_3 = 111.79 \text{ kg.m}$ donde $b = 10.00 \text{ cm}$

$$R_u = 3.87 \text{ kg/cm}^2$$

$R_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \rho \text{ (%)}$

7.38 0.20

3.87 X1

10.94 0.30



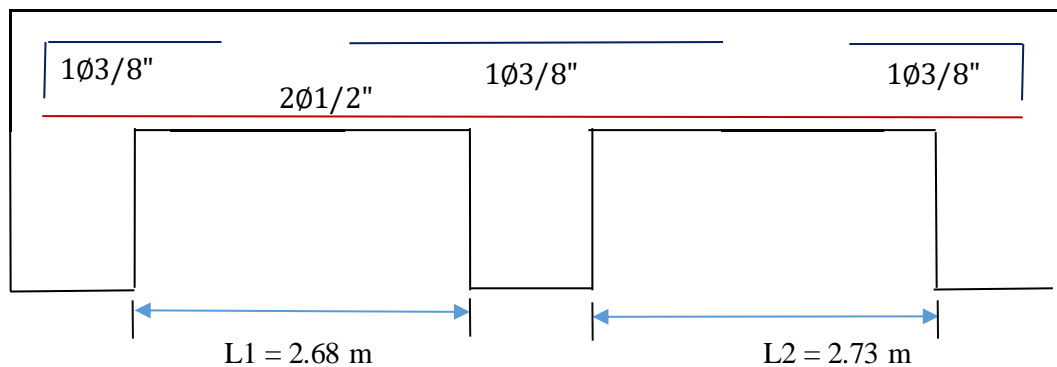
X1 = 0.10

Entonces:

$$A_s = 0.17 \text{ cm}^2$$

* Usar $A_s = 0.57 \text{ cm}^2$

1 de Ø	3/8"
$A_s =$	0.71 cm^2



6) Cálculo de refuerzo por contracción y temperatura

$$t = 5.00 \text{ cm}$$

$$b = 100.00 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ (} \rho = 0.18\% \text{)} = 0.90 \text{ cm}^2$$

Usamos: Ø 1/4"

$$\text{Separ. 1} = \frac{0.32 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm}}{0.90 \text{ cm}^2} = 35.19 \text{ cm}$$

$$\text{Separ. 2} = \begin{cases} 5x_t = 25.00 \text{ cm} \\ 40 \text{ cm} \end{cases}$$

**** Utilizar Ø 1/4" @ 25.00 cm**

2.9.13. Análisis y diseño de losa maciza.

2.9.14. Análisis y diseño escalera.

Como se describió anteriormente la escalera tiene un ancho de 0.90 m. La sobrecarga es 200 kg/m². Por otro lado, el recubrimiento para la escalera normalmente es 2 cm.

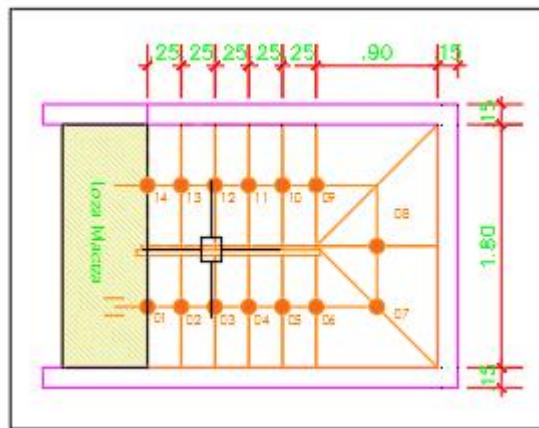


Figura 4. 10. Vista en planta de la escalera.

Tabla 4.55.

Especificaciones para análisis y diseño de escalera.

a. Especificaciones		
Concreto	f _c =	210 kg/cm ²
Acero	f _y =	4200 kg/cm ²
Sobrecarga	s/c	300 kg/m ²
Acabados	acab =	100 kg/m ²
Ancho del paso	P =	25.00 cm
Altura del contrapaso	C =	18.00 cm
Recubrimiento	r =	2.50 cm
Altura de piso	h =	2.70 m
Ancho de escalera	b =	0.90 m
N° de pasos	n =	15

Fuente: elaboración propia.

a) Pre-dimensionamiento primer y segundo tramo

1) Ancho del paso (P): **25.00 cm**

2) Altura de contrapaso (C): $C = \frac{h}{n}$

Reemplazando

C= 18.00 cm

3) Espesor de la losa (e)

Longitud de la escalera (L) : 1.80 m

$e = L/20$ 0.09 m

$e = L/25$ 0.07 m

Asumimos el espesor :

e= 0.12 m

4) Espesor promedio (tp)

$Tp = e' + C / 2$

$e' = e \cdot \sec \beta$

$e' =$ **14.79 cm**

Luego :

TP = 23.79 cm

b) Metrado de cargas para primer y segundo tramo.

Tabla 4.56.

Metrado de cargas tramo inclinado – escalera.

<u>1) Tramo inclinado</u>				
Carga muertas (CM)	C. Unitaria	Ancho (m)	Espesor promedio (tp)	Total
Peso Propio	2400 kg/m ³	0.90	23.79 cm	513.79
Acabados	100 kg/m ²	0.90		90.00
SUB TOTAL				604 kg/m
<u>Carga Viva (CV)</u>				
Sobrecarga	200 kg/m ²	0.90		180.00
SUB TOTAL				180 kg/m
<u>Carga Ultima (Wu1)</u>				
Wu1 =	1.4 C.M. + 1.7 C.V.			
Wu1 =	1151.31 kg/m			

2) Tramo horizontal 1

Carga muertas (CM)	C. Unitaria	Ancho (m)	Espesor de losa (e)	Total
Peso Propio	2400 kg/m ³	0.90	0.12 cm	259.20
Acabados	100 kg/m ²	0.90		90.00
SUB TOTAL				349 kg/m

Carga Viva (CV)

Sobrecarga	200 kg/m ²	0.90		180.00
SUB TOTAL				180 kg/m

Carga Ultima (Wu2)

$$Wu2 = 1.4 \text{ C.M.} + 1.7 \text{ C.V.}$$

$$Wu2 = 794.88 \text{ kg/m}$$

3) Tramo horizontal 3

Carga muertas (CM)	C. Unitaria	Ancho (m)	Espesor de losa (e)	Total
Peso Propio	2400 kg/m ³	0.90	0.30 cm	648.00
Acabados	100 kg/m ²	0.90		90.00
SUB TOTAL				738 kg/m

Carga Viva (CV)

Sobrecarga	200 kg/m ²	0.90		180.00
SUB TOTAL				180 kg/m

Carga Ultima (Wu3)

$$Wu3 = 1.4 \text{ C.M.} + 1.7 \text{ C.V.}$$

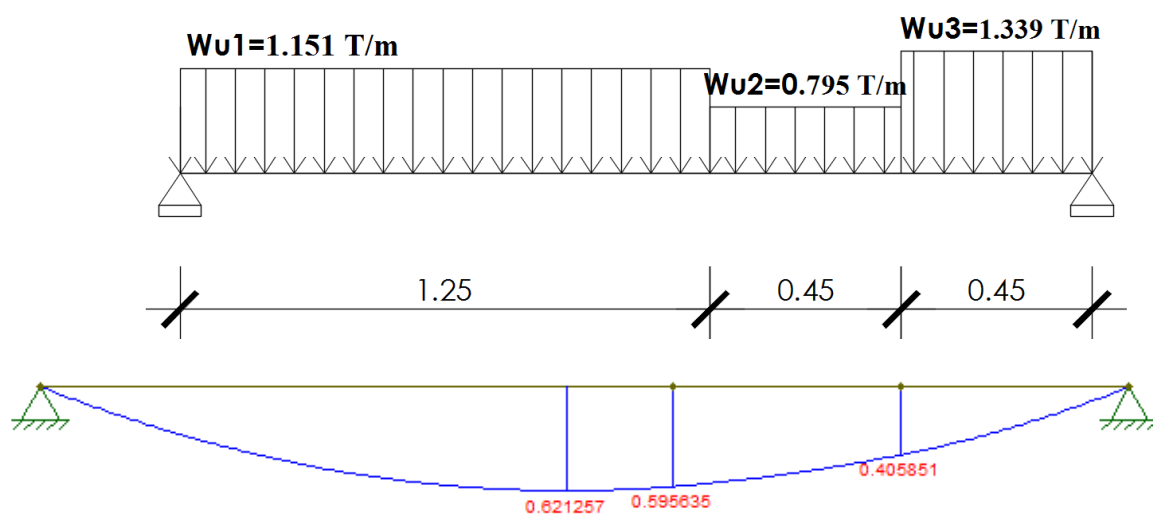
$$Wu3 = 1339.20 \text{ kg/m}$$

Fuente: Elaboración propia.

c) Análisis estructural.

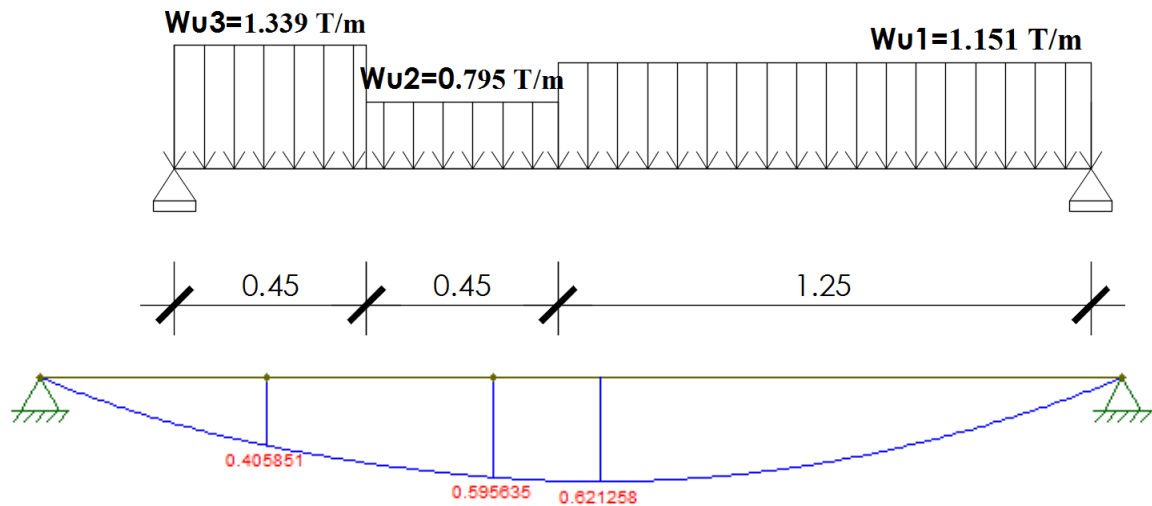
Cada tramo es idealizado como una viga simplemente apoyada.

Primer tramo



Como se puede apreciar en el diagrama de momento flector para el primer, el momento máximo es 0.621257 T.m equivalente a 621.26 kg.m.

Segundo tramo



En cuanto al momento máximo para el segundo tramo de la escalera es 0.621258 T.m equivalente a 621.26 kg.m.

d) Diseño de escalera.

Para el primer y segundo tramo.

$$\begin{aligned} M_{\text{diseño}} &= 621.26 \text{ kg.m} \\ b \text{ (ancho)} &= 90.00 \text{ cm} \\ d &= 9.50 \text{ cm} \end{aligned}$$

> Cálculo de acero positivo

$$R_u = \frac{M_u}{b * d^2}$$

$$R_u = 7.65 \text{ kg/cm}^2$$

R_u (kg/cm²) ρ (%)

7.38 0.20

7.65 X_1

10.94 0.30



$$X_1 = 0.21$$

Entonces:

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 1.77 \text{ cm}^2$$

ρ (%)	$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	
	R_u	a/d
0.20	7.38	0.047
0.30	10.94	0.071
0.40	14.41	0.094

Por tanto la separación será:

Usamos: \emptyset 3/8"

$$\text{Separ.} = \frac{0.71 \text{ cm}^2 \times 90 \text{ cm}}{1.77 \text{ cm}^2} = 36.14 \text{ cm}$$

**** Utilizar \emptyset 3/8" @ 35.00 cm**

> Cálculo de acero negativo

$$A_s^- = \frac{A_s^+}{2} \geq A_{\min}$$

$$A_{s_{\min}} (\rho_{\min} = 0.18\%) = 1.54 \text{ cm}^2$$

$$A_s^- = 0.89 \text{ cm}^2$$

=> **Tomamos: 1.54 cm²**

Usamos: \emptyset 3/8"

$$\text{Separ.} = \frac{0.71 \text{ cm}^2 \times 90 \text{ cm}}{1.54 \text{ cm}^2} = 41.67 \text{ cm}$$

**** Utilizar \emptyset 3/8" @ 40.00 cm**

> Cálculo de acero transversal

$$A_{s_{\min}} (\rho_{\min} = 0.18\%) = 1.54 \text{ cm}^2$$

Usamos: \emptyset 3/8"

$$\text{Separ.} = \frac{0.71 \text{ cm}^2 \times 90 \text{ cm}}{1.54 \text{ cm}^2} = 41.67 \text{ cm}$$

**** Utilizar \emptyset 3/8" @ 40.00 cm**

2.9.15. Diseño de cimentación.

La cimentación del sistema de albañilería confinada está conformada por el cimiento corrido y sobrecimiento. Según Abanto (2017) el peso del cimiento se puede estimar como el 10% de la carga total que recibe la cimentación.

Tabla 4.57.

Metrados de carga para diseño de cimentación.

I. Metrados de cargas						
Cargas	Carga Unitaria	Dimension (m2)		Unidad	N° Pisos	Total
Peso de Viga	2400 kg/m3	0.20	0.30	1.00	3.00	432.00
Peso de muro	1800 kg/m3	0.23	2.40	1.00	3.00	2980.80
Peso de sobrecimiento	2200 kg/m3	0.13	0.40	1.00		110.00
Peso de sobrecarga	750 kg/m2	1.35		1.00		1012.50
P. losa aligerada + acab.	400 kg/m2	1.35		1.00	3.00	1620.00
Peso Parcial						6155.30
P, Propio de cimentacion	10.00%					615.53
Peso total (P)						6770.83 kg/m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.58.

Cálculo de ancho de cimiento.

II. Ancho de Cimentación (b)	
Capacidad portante del terreno (qr) =	1.25 kg/cm2
$b = P / 100q$	54.17 cm
Tomamos b =	55 cm

Fuente: Elaboración propia.

2.9.16. Diseño de columna (C6 - Sala)

Datos de la columna.

b =	25.00 cm
h =	40.00 cm
f'c =	210 kg/cm2
fy =	4200 kg/cm2
Es =	2000000 kg/cm2
f =	0.7
b _l =	0.85
Estribo =	3/8

1) Deformación unitaria del acero

$$\epsilon_y = f_y / E_s$$

$$\epsilon_y = 0.0021$$

2) Resistencia última en compresion (**Carga axial pura**)

$$P_o = 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y$$

$$P_o = 226.26 \quad Tn$$

$$P_n = 181.01 \quad Tn$$

3) Profundidad de eje neutro

$$c = 0.003 x d / (0.003 + \epsilon_y)$$

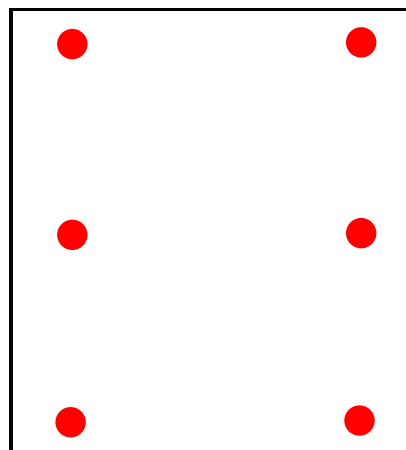
$$C = 19.89 \quad cm$$

Para realizar el diagrama de iteración de la columna se asumió los siguientes aceros.

02 de 5/8 3.96 cm2 As1

02 de 5/8 3.96 cm2 As3

02 de 5/8 3.96 cm2 As5

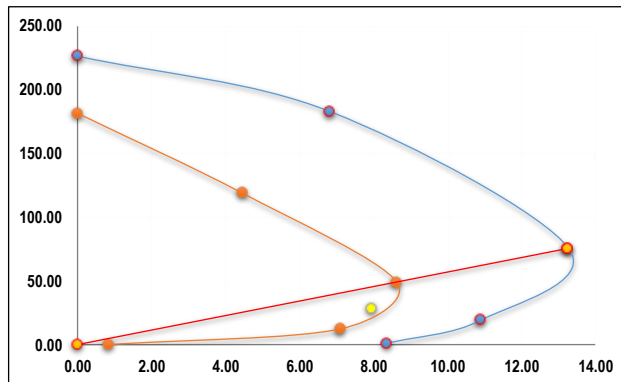


As	Cuantía
11.88 cm2	1.32%

Cálculo de Pn y Mn

					P (Tn)		Z (m)	M (Tn.m)
		en	Esf. tn (Tn/cm2)	Esf. tn Modif (Tn/cm2)	fc			
d'1 (cm)	6.18	0.0021	4.14	4.14		75.46	0.1155	8.712
d'2 (cm)	13.09	0.0010	2.05	2.05		16.37	0.1382	2.263
d'3 (cm)	20.00	0.0000	- 0.03	-0.03		0.00	0.0691	0.000
d'4 (cm)	26.91	- 0.0011	- 2.12	-2.12		- 0.13	0.0000	0.000
d (cm)	33.82	- 0.0021	- 4.20	-4.20		0.00	-0.0691	0.000
						- 16.63	-0.1382	2.298
					Pn (Tn)	75.08	Mn (Tn.m)	13.27

DESCRIPCIÓN	P _n (Tn)	M _n (Tn.m)	φ P (Tn)	φ M (Tn.m)
CARGA AXIAL PURA	226.26	0.00	181.01	0.00
FALLA A COMPRESIÓN	182.60	6.83	118.69	4.44
FALLA BALANCEADA	75.08	13.27	48.80	8.63
FALLA A TENSIÓN	18.93	10.91	12.30	7.09
FLEXIÓN PURA	0.54	8.37	0.05	0.84



VALORES A PLOT EAR	
P _u (Tn)	M _u (Tn.m)
28.21	7.95

Por lo tanto, de acuerdo al diagrama el tipo de falla es dúctil, por tanto, para la columna C6, se empleará 6 varillas de 5/8".

V. DISCUSIÓN

3.1. Ladrillo ecológico LTC.

Como se hizo mención en el capítulo de resultados a la unidad ecológica elaborada con cemento, tierra y agua se le nombró como ladrillo sólido, dado que el área neta de este supera el 70%, tal y como indica la norma E.070 para clasificarla como sólido. Así mismo la asignación como ladrillo fue porque puede ser manipulada con una sola mano. Otro de los aspectos también que impulso para este último, fue porque según San Bartolomé (1994) generalmente los ladrillos son empleados en edificaciones de albañilería confinada, mientras que los bloques son más para albañilería armada.

Las unidades tuvieron un curado y secado normal. No se presentaron fisuras. Así mismo la variación de sus dimensiones una vez secadas fue mínima. Por otro lado, no hubo muestras de ninguna mancha u origen de salitre, etc.

En lo que concierne al acabado de los ladrillos ecológicos LTC, no se muestra fragmentos y conchuelas en la superficie.

Las dimensiones empleadas al ladrillo se hicieron con fines de que sea empleado más para muros caravista, lo cual trae un ahorro económico porque se obviara algunas actividades, como por ejemplo el tarrajeo.

Otro de las ventajas importantes es que se puede usar los alveolos (diámetro 6 cm) para las instalaciones sanitarias, eléctricas, comunicaciones, etc., con tubos hasta 2", lo cual ayudaría tanto en mano de obra como en la no pérdida de resistencia de los muros portantes por efectos de picado. La norma establece que no debe picarse los muros que cumplen función estructural, sin embargo, en obra es común. San Bartolomé (2005) sostiene que cuando se pica un muro se debilita la conexión columna-albañilería de tal manera que se pierde la integridad de ambos, es decir, los muros ya no están confinados porque quedan divididos en dos partes.

El proceso de construcción sería asentar los ladrillos ecológicos LTC una vez instalada las tuberías.

La norma establece que las tuberías con diámetros mayores a 55 mm deben alojarse en falsas columnas, por lo cual no se tendría problemas respecto ello, con este ladrillo.

La norma E. 070 albañilería sostiene que para aceptar una unidad de albañilería la dispersión de los resultados (coeficiente de variación $CV < 20\%$) debe ser menor al

20%. Para el caso nuestro, los resultados mostrados en el capítulo anterior presentan un $CV < 20\%$, eso nos da a entender que los ladrillos ecológicos ensayados son homogéneos.

En el ensayo de absorción, el ladrillo ecológico en promedio absorbió 14% de agua, lo cual es aceptable, ya que la norma exige como máximo 22%.

En cuanto a la resistencia a compresión axial de unidad, el ladrillo ecológico LTC es equivalente con el tipo II de la norma E.070.

Con respecto al ensayo de densidad, la norma establece que como mínimo 1.50 gr/cm³ para ladrillos de arcilla. Para nuestro caso la densidad mínima arrojó 1.65 gr/cm³, cumpliendo así con lo establecido en la normativa.

3.2. Resistencia a compresión axial en unidades (f'_b), compresión en pilas (f'_m) y a compresión diagonal a muretes (V'_m)

La resistencia a compresión axial en unidades dio 70.13 kg/cm², el cual es equivalente al tipo II (70 kg/cm²), de acuerdo a la E.070.

Para el ensayo a compresión en pilas se construyó 3 pilas, resultando finalmente una resistencia a compresión de 30.37 kg/cm² y para el diseño se utilizó 30 kg/cm². En total se hicieron 3 ensayos de muretes, cuyas dimensiones fueron respetando al mínimo establecido en la norma E.070.

Según San Bartolomé (2005), cuando se utiliza la arena fina o granulometría uniforme el muro tiende a perder su resistencia a compresión axial, esto mismo ocurre cuando se usa arena fina en el mortero. Por lo cual consideramos que este es uno de los factores que intervino para nuestro caso, dado que los muretes dieron una resistencia de 4.95 kg/cm², el cual consideramos baja pero como se explicó en los resultados el concreto vertido solo fue en los alveolos extremos, aunque la norma indique que deberían de llenarse de concreto los alveolos, en esta investigación decidimos optar solo llenar algunos alveolos porque en construcción esos alveolos cubrirán tuberías, por lo que el muro no poseerá la misma resistencia, para los futuros ensayos con este tipo de ladrillo se recomienda llenar todos los alveolos para de esta manera también mejorar la resistencia a compresión diagonal. Otro aspecto importante sería realizar ensayos con este tipo de ladrillo ecológico, pero variando las juntas tanto horizontales como verticales y mostrarlas mediante gráficas las variaciones de resistencia.

3.3. Mayor fuerza cortante de traslacional, cortante por torsión y cortante de diseño en muros.

En el primer piso en dirección “X” el muro que absorbe mayor cantidad de fuerza traslacional es el 6X con 33618.71 kgf, este dado a que el muro posee la mayor rigidez en esa dirección. En cuanto a la dirección “Y” el muro 1Y absorbe una fuerza cortante de traslación de 41389.82 kgf. Algo importante que remarcar es que estos muros tienen la mayor longitud en su dirección correspondiente. Así mismo como la cortante en el primer piso es superior a los demás pisos, en conciencia los muros del primer piso absorben mayor cantidad de fuerza cortante.

El muro 1X es el que absorbe mayor fuerza cortante de 1931.04 kgf debido a la torsión de la estructura, esto en dirección “X”, Mientras que para la dirección “Y” el muro 1Y toma 3028.35 kgf. Consideramos que es porque ambos se encuentran en la esquina, por efectos de irregularidad en planta. Estos incrementos de fuerza cortante debido a la torsión se dan en mayor magnitud en el primer piso.

En cuanto a la cortante de diseño el muro 6X absorbe 27809.14 kgf, este es el mayor para la dirección “X”, seguido de 1X con 17609.30 kgf. Para la dirección “Y” el muro que absorbe mayor fuerza cortante para el diseño es 1Y con 36416.26 kgf, seguido de 6Y con 29562.73 kgf.

3.4. Verificación de agrietamiento diagonal de muros.

De acuerdo a la tabla 4.49 y 4.50 todos muros diseñados en dirección “X” e “Y” trabajan en el rango elástico ante un sismo moderado, por lo cual ante el mismo evento estos muros no presentan agrietamiento diagonal.

La norma E.070 establece que las edificaciones de albañilería confinada deben comportarse en el rango elástico ante un sismo moderado.

Según San Bartolomé (2005), la resistencia a corte y la rigidez de los edificios de sistema albañilería depende en forma directa de la densidad de muros. Por ello consideramos que se debe tener una adecuada estructuración y posteriormente respetar la densidad mínima.

Así mismo el diseño de los elementos estructurales (vigas, columnas, losas, etc.) se realizó respetando la cuantía mínima y máxima.

3.5. Costo por unidad del ladrillo ecológico LTC.

El costo determinado del ladrillo ecológico LTC es S/. 0.73 por unidad (Anexo 08),

en ella se incluye una utilidad de 7%. Por otro lado, dado que en la compactación se pierde volumen del material, se considera un 20% adicional de este para cada unidad. En el mercado actual encontramos costos de ladrillos que varían desde S/. 0.50 hasta S/. 0.70, el cual está en función a su uso, ya sea para muros portantes o para divisiones.

El costo determinado es una opción por la limitada cantidad de equipos, pudiéndose ajustar un poco más el precio, mejorando el rendimiento.

3.6. Comparación de precios por m2 (construcción y acabado de muros con ladrillos convencionales vs ladrillo ecológico LTC).

En el anexo 09, se adjunta una breve comparación de precios por m2, construidos tanto con el ladrillo ecológico de tierra comprimida como con el ladrillo convencional. Para dicho análisis se toma precios del mercado, donde tomamos el costo de ladrillo convencional de S/. 0.62 cada unidad. En esta se determina que para muros con juntas horizontales y verticales de 1.50 cm entran alrededor de 37.74 ladrillos convencionales (12.5x25x9 cm³) por m2. Del mismo modo el mortero ingresa alrededor de 0.0198 m³ por m2.

Para el caso de muros construidos con ladrillos ecológicos LTC, en un m2 ingresa alrededor de 53.33 ladrillos LTC, esto considerando un desperdicio de 2% porque como se mencionó en los capítulos anteriores, cuando se trasladó los ladrillos ecológicos al laboratorio para los ensayos correspondientes no presentó desperdicios, en consecuencia, se consideró ese porcentaje. Mientras la cantidad de mortero es 0.0088 m³ por m2, esta cantidad es menor que la anterior porque para este caso las juntas horizontales y verticales son de 0.005 m (5 mm).

En cuanto a la comparación de precios, los muros construidos con ladrillos ecológicos LTC cuentan alrededor de S/. 97.65 por m2, en esta se incluye el concreto vertido sobre los alveolos, mientras que para muros con ladrillos convencionales se gasta aproximadamente S/. 70.45, quedando así una diferencia de S/. 27.20 entre ambos, que por cierto puede ser utilizado para el tarrajeo de los muros construidos con los ladrillos convencionales. En la revista Costos de Septiembre -2018 se informa que el precio unitario por m2 del tarrajeo exterior varía desde 26.03 hasta S/. 32.57. Por lo que no habría diferencia, ya que como se mencionó anteriormente el ladrillo ecológico tiene un acabado agradable, por lo que es una opción utilizarlo para muros caravista.

VI. CONCLUSIÓN.

En conclusión, se logró fabricar los ladrillos ecológicos de tierra comprimida (LTC) obtenido a través de la fusión de tierra, cemento y agua con una dosificación de 75%, 15% y 10% respetivamente (7.5:1.5:1). Así mismo según la clasificación SUCS, la tierra utilizada fue clasificada como arena arcillosa de baja plasticidad (SC- L). En los ladrillos ecológicos LTC, no se llegaron a presentar ninguna fisura durante el secado.

Los ensayos fueron realizados con éxitos, donde en la comprensión axial de unidades se obtuvo 70.13 kg/cm² el cual es equivalente al ladrillo tipo II, de acuerdo a la norma E.070. Así mismo a fin de mostrar algunas características más del ladrillo de tierra comprimida se realizó ensayo a comprensión axial a unidades húmedas donde se determinó que la unidad fabricada pierde aproximadamente 27% de su resistencia inicial, es importante mencionar que las unidades estuvieron sometidas al agua durante 24 horas antes de ser roturadas.

También se hizo otros ensayos al ladrillo LTC tales como absorción, densidad y variación dimensional. En la primera se determinó que estos ladrillos absorben 14% de agua siendo menor este al 22% que establece como máximo la norma E.070. En el segundo ensayo se determinó que la densidad del ladrillo es 1.65 gr/cm³ el cual es superior al mínimo establecido en la norma E.070 de albañilería (1.50 gr/cm³). Mientras que, en el tercer ensayo mencionado, se obtuvo un porcentaje de variación de las aristas de los ladrillos menor al 1%, el cual también está establecido en la norma E.070. Además, el coeficiente de variación de los resultados es menor al 20% el cual nos da a entender que los ladrillos ecológicos ensayados son homogéneos.

La resistencia a comprensión en pilas resultó 30.37 kg/cm² y para el diseño se utilizó 30 kg/cm² por fines prácticos. Mientras tanto en los muretes la resistencia diagonal encontrado es 4.95 kg/cm². Por otra parte, las fallas encontradas en las pilas fueron por grietas verticales que atravesaron las juntas y el propio ladrillo, caso similar ocurrió en los muretes, aunque para esto en forma diagonal.

En lo que concierne al diseño la muestra seleccionada fue la vivienda ubicada en la calle Los Lirios Mz. V – IV, Lote 43 – Urb. Asociación Pro Vivienda Cápac Manco Cápac I Etapa en el distrito de San Juan de Lurigancho, se hizo para un área de 120 m², donde la vivienda es de dos pisos más una azotea (3er nivel), y en el análisis se determinó que las cortantes mayores ocurren en el primer piso. Para la dirección “X” se determinó que el muro 6X absorbe 33618.71 kgf de fuerza cortante traslacional y en la dirección “Y” el muro 1Y con 41389.82 kgf.

El mayor incremento de la cortante debido a la torsión se da en muro 1X (1931.04 kgf) para la dirección “X” y 1Y (3028.35 kgf) para la dirección “Y”.

La mayor cortante para efectos de diseño en la dirección “X” se da en el muro 1X el cual absorbe una magnitud de 27809.14 kgf, mientras que para la dirección Y, es el muro 1Y con 36416.26 Kgf,

La estructura trabaja en el rango elástico tanto para la dirección “Y” como “X”, por ende, ningún muro se agrieta diagonalmente ante un sismo moderado. Así mismo la sumatoria de la resistencia a fuerza cortante ($\sum V_m$) es mayor al cortante producido por el sismo severo (VE).

El cálculo de refuerzo en los elementos de concreto armado se hizo respetando la normativa vigente E.060 y E. 030. Los refuerzos se muestran en el plano de estructuras (Anexo 10).

Finalmente, en el anexo 08 se determinó el costo por unidad del ladrillo (S/. 0.73), incluyendo una utilidad o ganancia de 7%. Y en una comparación de precios con el ladrillo convencional, la diferencia del ladrillo convencional sobre el ecológico LTC es aproximadamente S/. 27.20 por metro cuadrado, el cual como se indicó puede utilizarse para el tarrajeo respectivo del muro construido con ladrillos convencionales, dado que el ladrillo ecológico LTC tiene un acabado bastante estético, el cual permite su aplicación para muros caravista, siendo de esta manera beneficiable, porque ya no se requiere tarrajeo. Así mismo como se explicó el costo determinado del ladrillo ecológico LTC puede ajustarse más siempre y cuando no se cuente con equipos limitados, dado que se mejoraría el rendimiento de fabricación.

VII. RECOMENDACIÓN

- En la distribución arquitectónica se disponga de buena cantidad de muros, a fin de cumplir con la densidad mínima, así mismo se sugiere que para que los refuerzos no sean altos, la densidad doblegue la densidad mínima.
- Los ladrillos ecológicos LTC se debe tomar en cuenta para las construcciones, dado que este presenta un buen acabado y por ello se obvia las actividades de tarrajeo, además facilita en las instalaciones sanitarias y eléctricas porque estos tienen alveolos.
- El ministerio de Ambiental debe evaluar la importancia de los ladrillos ecológicos LTC para el medio ambiente y de esta manera poder difundirlo a la sociedad.
- Realizar ensayos de pilas y muretes, utilizando los ladrillos ecológicos LTC, variando las juntas verticales y horizontales
- Por otra parte, es recomendable realizar ensayos, humedeciendo los ladrillos a tiempos determinados para de esta manera mediante gráficas observar la variación de resistencia y así mismo, una vez secada verificar si esta recupera su resistencia inicial, Esto porque estas unidades en muchas ciudades de la sierra están expuestas a la lluvia y a las bajas temperaturas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto, T. F. (2017). *Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería*. (2da ed.). Perú: San Marcos.

Aguilar, A. J. (2017). *Fabricación de bloques ecológicos a base de material producto de la construcción*. (Tesis para optar grado de maestro en ingeniería). Universidad Nacional Autónoma de México.

Bazan, E., & Meli, R. (2016). *Diseño sísmico de edificios*. México D.F., México: Limusa, S.A. de C.V.

Behar, D. S. (2008). *Metodología de la Investigación*. México. Editorial shalom.

Black & Decker Corporation (Minnesota). *La guía completa sobre albañilería y mampostería*. Minneapolis: Limusa, 2012. 336p.

Blanco, A. (2014). *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado*. Perú: Colegio de ingeniero del Perú.

Cabo, M. (2011). *Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción*. (Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil). Universidad Pública Navarra, Ekaina.

Cáceres, A. E., & Enriquez, L. A. (2017). *Análisis de costos, diseño sismoresistente-estructural comparativo entre los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería estructural de un edificio multifamiliar*. (Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil). Universidad de San Agustín, Perú.

Caceres, C. J. (2015). *Análisis comparativo de costos de una vivienda económica de un piso de adobe y otra de albañilería confinada en la zona urbana de Cajamarca*. (Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil). Universidad Privada del Norte, Perú.

Competence Center For Reconstruction - CCR, Swiss Agency For Development And Cooperation Humanitarian AID - SDC/HA & Earthquake Engineering Research Institute - EERI. (2015). *Guide book for building earthquake-resistant houses in confined masonry*. California, Estados Unidos: Swiss Agency for Development and Cooperation.

Chimbo, C. G. (2017). *Análisis de la resistencia a la compresión de ladrillos prensados interconectables elaborados de barro, cangahua y puzolana, con adiciones de cemento, cumpliendo la norma ecuatoriana de la construcción (NEC 2015)*. (Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

- Chuquimia, L. A. (2015). *Manual para la construcción con bloques ecológicos*. La Paz, Bolivia: Swisscontact.
- Crespo, C. (2011). *Mecánica de Suelo y Cimentaciones*. (6ta ed.). México: Limusa.
- Eduardo, C. L., & Zegarra, L. E. (2015). *Tabiquería ecológica, empleando totora con revestimiento de yeso o mortero, como técnica de bioconstrucción en la ciudad de Puno*. (Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil). Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
- Ferri, J., Pérez, V. R., & García E. (2011). *Fundamentos de la construcción*. San Vicente, Alicante: Club Universitario.
- Gasch, M., & Gasch, I. (2006). *Calculo estructural*. España: Universitat Politècnica de Valencia.
- Hallebrand E. & Jakobsson W. (2016). *Structural design of high-rise buildings*. Lund, Suecia: Media-Tryck LU.
- Hernández, L. (2012). *Diseño Estructural de un edificio de vivienda de Albañilería Confina*. (Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ta ed.). México: McGraw-Hill.
- Hibbeler, R. (2011). *Mecánica de materiales*. (8va ed.). México: Pearson Educación.
- INEI. (2015). *Proyección al 2015 de la población y vivienda del Perú*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima, Perú.
- Martinez, J. G. (2012). *Estructuras*. Bogotá, D.C., Colombia: Universidad Santo Tomas.
- Martiniano, N. (2011). *Construcción de edificios: Diseños para construir*. Bogotá, Colombia: Nobuko.
- Meli, R. (2002). *Diseño Estructural*. (2da ed.). Italia: Limusa.
- Meli, R. et al. (2011). *Seismic design guide for low-rise confined masonry buildings*. California, Estados Unidos: Earthquake Engineering Research Institute.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). *Albañilería: Estructuras-Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: E. 070.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). *Suelos y Cimentaciones: Estructuras-Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: E. 050,2016.21p.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). *Diseño Sismo resistente: Estructuras-Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: E. 030,2016.10p.
- Morales, R. (2016). *Diseño de concreto armado*. (4ta ed.). Perú: Editorial ICG.
- Nieto, N. M. (2011). *Construcción de edificios*. México: Nobuko.
- Ortega, J. (2014). *Diseño de Estructuras de concreto armado*. Lima: Macro.
- Ottazzi, P. G. (2006). *Diseño de Concreto Armado*. Departamento de Ingeniería. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Parnisari, O. (2014). *Ladrillos Ecológicos*. Recuperado de <http://www.ladrillosecologico.com.ar/>.
- Peck, R. B. (2011). *Ingeniería de cimentaciones*. México: Limusa.
- Peck, R. B. (2016). *Ingeniería de cimentaciones*. México: Limusa.
- Pérez, V. (2010). *El concreto armado en las estructuras*. (6ta ed.). México: Trillas.
- Riddell, R. & Hidalgo, P. (2004). *Fundamentos de ingeniería estructural*. (2da ed.). Chile: Universidad Católica de Chile.
- Rojas, J., & Vidal, R. A. (2014). *Comportamiento sísmico de un módulo de dos pisos reforzados y construido con ladrillo ecológicos prensados*. (Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- San Bartolomé, A. F. (1994). *Construcciones de albañilería*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- San Bartolomé, A., Quiun, D., & Silva, W. (2011). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Lima, Perú: Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. (5ª ed.). Mexico: McGraw- Hill
- Valderrama, S. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Perú: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- William, T., & Van Duyne, R. (2013). *Mecánica de suelos*. (2da ed.). México: Limusa.

IX. ANEXOS

ANEXO 01: matriz de consistencia

Tabla 9.1.

Matriz de consistencia.

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE 1: INDEPENDIENTE Sistema de albañilería confinada utilizando bloques de ladrillo LTC	Unidad de albañilería (Bloque ecológicos BTC)	Resistencia a compresión (Pila) f _m Resistencia a compresión diagonal de Muretes v'm Resistencia a compresión axial de unidades f ^o b
¿La estructura diseñada con sistema de albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho - 2018, presenta una respuesta estructural adecuada para los acontecimientos sísmicos de dicha zona?	Determinar si la estructura diseñada con sistema de albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho - 2018, presenta una respuesta estructural adecuada para los acontecimientos sísmicos de dicha zona.	La estructura diseñada con sistema de albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho - 2018, presenta una adecuada resistencia y rigidez estructural así mismo conlleva a un costo menor su ejecución frente a las edificaciones construidas con ladrillos convencionales		Muros Portantes	Densidad Diseño por carga vertical
PROBLEMAS ESPECÍFICAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS		Fuerza cortante	Cortante traslacional Cortante por torsión Cortante de diseño
¿Cuáles son las resistencias a la compresión axial de unidades (f ^o b), compresión de pilas (f ^o m) y compresión diagonal en muretes (V'm) de los ladrillos ecológicos LTC para el diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada San Juan de Lurigancho, 2018?.	Determinar las resistencias a la compresión axial de unidades (f ^o b), compresión de pilas (f ^o m) y compresión diagonal en muretes (V'm) de los ladrillos ecológicos LTC para su uso en el diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada en San Juan de Lurigancho, 2018.	Las resistencias a la compresión axial de unidades (f ^o b), compresión de pilas (f ^o m) y compresión diagonal en muretes (V'm) de los ladrillos ecológicos LTC para el diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada en San Juan de Lurigancho - 2018, supera al mínimo establecido en la Norma E.070 para fines estructurales.		Parámetros de diseño	Z = Factor de Zona U = Uso
¿Qué muro portante de la vivienda analizada de sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho – 2018, absorbe mayor fuerza cortante traslacional, cortante por torsión y cortante de diseño?	Identificar que muros portantes de la vivienda analizada con sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho – 2018, absorbe mayor fuerza cortante traslacional, cortante por torsión y cortante de diseño.	Los muros que absorben mayor fuerza cortante traslacional, cortante por efectos de torsión y cortante de diseño son los que poseen mayor rigidez o dimensión.	VARIABLE 2: DEPENDIENTE Diseño estructural		S = Factor suelo C = Factor de amplificación sísmica R = Reducción
¿Los muros portantes de la estructura analizada de sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho – 2018, trabajan en el rango elástico ante un sismo moderado?	Verificar si los muros portantes de la estructura analizada de sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho – 2018, trabajan en el rango elástico ante un sismo moderado.	Los muros portantes de la estructura analizada de sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho - 2018, trabajan en el rango elástico ante un sismo moderado.		Análisis estructural	V = Fuerza cortante M = momento A = Fuerza axial
¿Cuál es el diseño final (dimensiones y refuerzos) de los elementos estructurales que conforman la vivienda analizada de sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho - 2018?	□ Diseñar los elementos estructurales que conforman la vivienda de sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho, 2018..	El diseño final (dimensiones y refuerzos) de los elementos estructurales que conforman la vivienda analizada de sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC para San Juan de Lurigancho - 2018, está dentro de los rangos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones.		Diseño de muros	Análisis elástico ante sismo moderado Resistencia global de la estructura – sismo severo
				Diseño de elementos estructurales	Diseño de cimentación. (Dimensiones y profundidad) Diseño de losa. Diseño de columna de confinamiento. (secciones y área de acero) Diseño de viga de confinamiento. (dimensiones y área de acero)

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 02: Certificado de parámetros urbanísticos.



MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO

"San Juan de Lurigancho, Cuna de Emprendedores"

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

Gerencia de Desarrollo Urbano
Sub Gerencia de Obras Privadas y Habilitaciones Urbanas

EXPEDIENTE N° 41711-R1-2018

CERTIFICADO N° 1006-2018

San Juan de Lurigancho, 18 de julio del 2018

CERTIFICADO DE PARÁMETROS URBANÍSTICOS Y EDIFICATORIOS

SOLICITANTE : **ROMERO QUISPE JOSE**
UBICACIÓN : CALLE LOS LIRIOS MZV-IV LOTE 43, URB. ASOC. PRO VIVIENDA
INCA MANCO CAPAC I ETAPA - SJL
AREA DE TERRENO : 160.00 M2

De conformidad con el Plano de Zonificación vigente.

SE CERTIFICA:

AREA TERRITORIAL	:	Distrito de San Juan de Lurigancho
AREA DE TRATAMIENTO NORMATIVO	:	I Área de características Especiales
ZONIFICACION	:	RDM residencial densidad media
USOS PERMITIDOS	:	Unifamiliar/ multifamiliar*/multifamiliar*/ Conjunto Residencial
USOS PERMISIBLES Y COMPATIBLES	:	Conforme al índice para la ubicación de actividades urbanas.
AREA DE LOTE NORMATIVO	:	Unifamiliar 90m ² Multifamiliar 120m ² Multifamiliar 150m ² Conjunto Residencial 800m ²
FRENTE MINIMO	:	Unifamiliar 6.00ml. Multifamiliar 6.00ml. Multifamiliar 8.00ml. Conjunto Residencial 20.00ml.
ALTURA DE EDIFICACIÓN (Max).	:	Unifamiliar 3 pisos Multifamiliar* 3 pisos Multifamiliar* 4 pisos Conjunto Residencial 6 pisos
AREA LIBRE (Mínimo)	:	Unifamiliar 30% Multifamiliar 30% Multifamiliar 35% Conjunto Residencial 50%
RETIRO FRONTAL	:	1.50 mts
RETIRO DE LATERALES	:	-----
ALINEAMIENTO DE FACHADA	:	A/2+R (A= ANCHO DE VIA R= RETIRO)
ESTACIONAMIENTO	:	Unifamiliar 1c/viv. Multifamiliar 1c/2viv. Multifamiliar 1c/2viv. Conjunto Residencial 1c/2viv
TRATAMIENTO ESPECIAL / OTROS	:	-----

(*) Se le otorgara un piso adicional si el lote se encuentra frente a parques y avenidas con un ancho igual o mayor a 20mts.
En asentamientos humanos ubicados en terrenos de pendiente pronunciada solo se permitirá uso Residencial Unifamiliar y Bifamiliar y una altura máxima de 3 pisos. En las zonas RDM se podrá construir vivienda unifamiliar en cualquier lote superior a 90m².
En las zonas residenciales RDM se permitirá en primer piso el uso complementario de comercio a pequeña escala y talleres artesanales hasta un Área máxima equivalente al 35% del área del lote, según lo señalado en el Índice de Usos para la Ubicación de Actividades Urbanas.

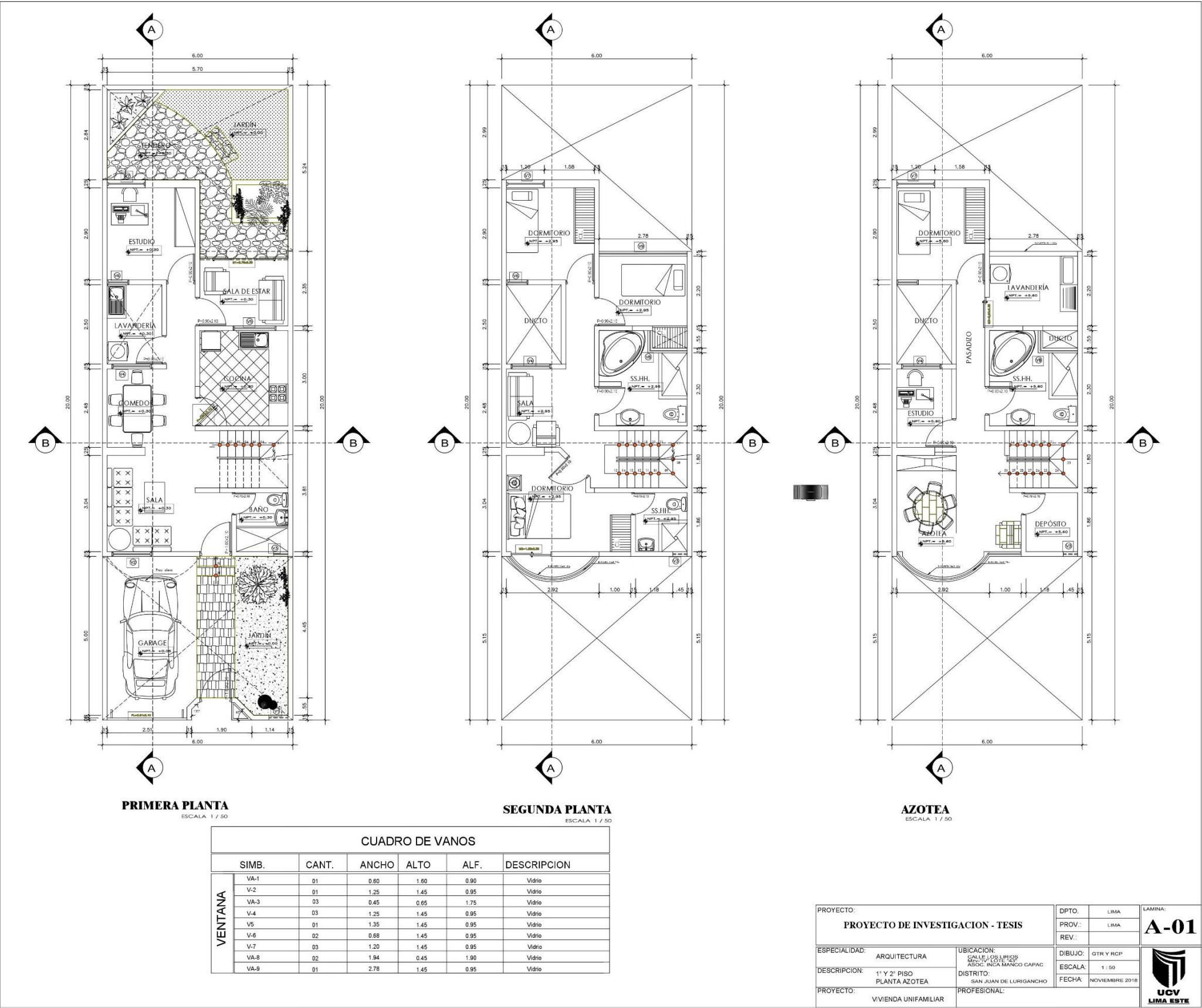
Resolución de Alcaldía N° 648-97 (Retiros Municipales), Ordenanza N° 1081-07-MML.

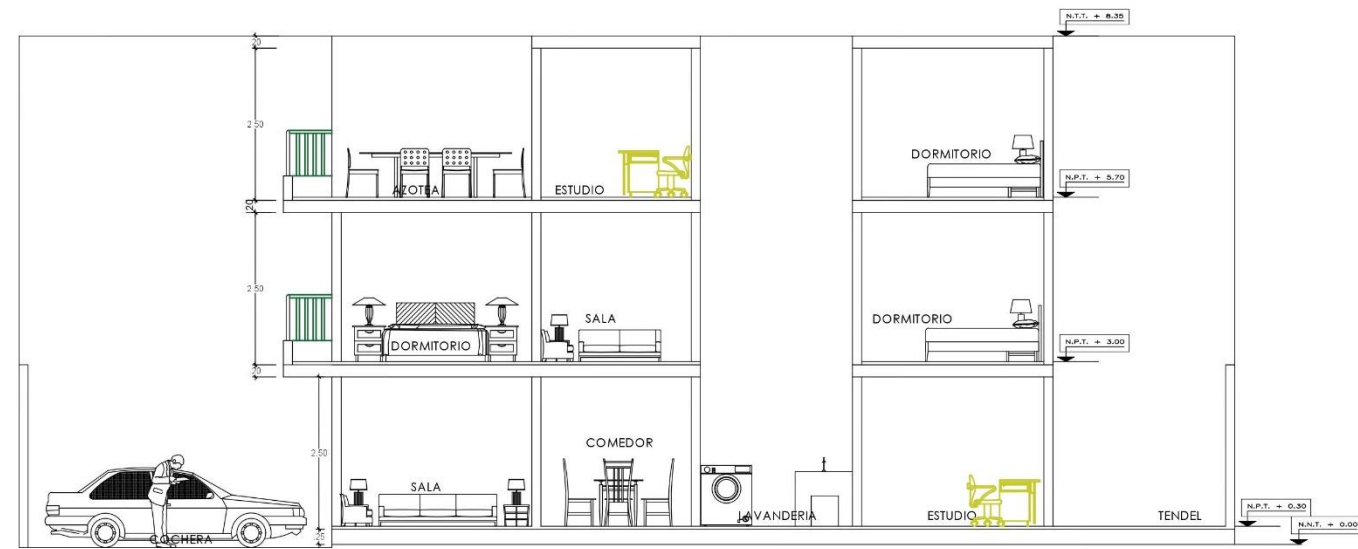
Los parámetros urbanísticos y edificatorios son disposiciones técnicas que establecen las características que debe tener un proyecto de edificación.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO ATRIBUYE TITULARIDAD SOBRE EL PREDIO

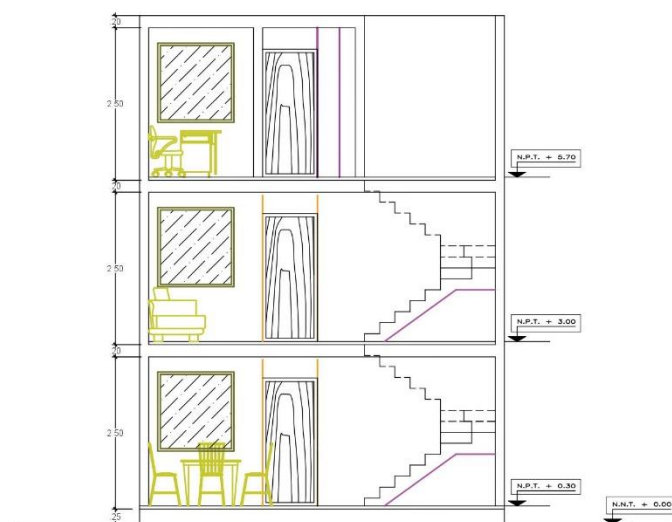
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE
SAN JUAN DE LURIGANCHO
Arg. Juana Munáez Flores
SUBGERENTE DE OBRAS PRIVADAS Y
HABILITACIONES URBANAS

ANEXO 03: Planos de distribución arquitectónica, elevación y cortes.





CORTE A-A
ESCALA 1 / 50



CORTE A-A
ESCALA 1 / 50



ELEVACION
ESCALA 1 / 50

PROYECTO:		DPTO.	LIMA	LAMINA: A-02
PROYECTO DE INVESTIGACION - TESIS		PROV.:	LIMA	
		REV.:		
ESPECIALIDAD:	CORTES Y ELEVACION	UBICACION:	DIBUJO:	GTR Y RCP
DESCRIPCION:	1° Y 2° PISO PLANTA AZOTEA	CALLE LOS LIRIOS MEX. IV. LOTE 432 ASOC. INGA MANCO CAPAC	ESCALA:	1 : 50
		DISTRITO:	FECHA:	NOVIEMBRE 2018
PROYECTO:	VIVIENDA UNIFAMILIAR	PROFESIONAL:		


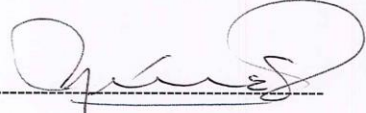


UCV
LIMA ESTE



ANEXO 04: Validación de datos.

Validación 01

	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Certificado de validez de contenido del instrumento	
MD: Muy en Desacuerdo, D: Desacuerdo, A: Acuerdo, MA : Muy de Acuerdo <input checked="" type="checkbox"/>	
Observaciones:	
Opinión de aplicabilidad:	
Aplicable <input checked="" type="checkbox"/>	
Aplicable después de corregir <input type="checkbox"/>	
No aplicable <input type="checkbox"/>	
Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg.: Jaime Hernan Espinoza Sandoval	
DNI: 10178995	
Especialidad del validador: Ingeniero Civil – Estructuras	
<p>¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.</p> <p>²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo</p> <p>³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo</p> <p>Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión</p>	
Lima, 10 de Julio del 2018	
MD	Muy en Desacuerdo
D	Desacuerdo
A	Acuerdo <input checked="" type="checkbox"/>
MA	Muy de Acuerdo
	
Firma del Experto Informante.	
Especialidad	

Validación 02



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento

MD: Muy en Desacuerdo, D: Desacuerdo, A: Acuerdo, MA : Muy de Acuerdo

X

Observaciones:

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable [X]

Aplicable después de corregir []

No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg.: Jorge Escalante Contreras

DNI: 28286638

Especialidad del validador: Ingeniero Civil – Estructuras

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima, 10 de Setiembre del 2018

MD	Muy en Desacuerdo
D	Desacuerdo
A	Acuerdo
MA	Muy de Acuerdo

Firma del Experto Informante.

Especialidad

Validación 03



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento

MD: Muy en Desacuerdo, D: Desacuerdo, A: Acuerdo, MA : Muy de Acuerdo

Observaciones:

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable ☒

Aplicable después de corregir ☐

No aplicable ☐

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg.: ING. MORENO OCHOA CARLOS ENRIQUE

DNI: 02451025

Especialidad del validador: Ingeniero Civil – Estructuras

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.


²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima, 10 de Setiembre del 2018

MD Muy en Desacuerdo
D Desacuerdo
A Acuerdo ☒
MA Muy de Acuerdo


Ing. CIP CARLOS ENRIQUE MORENO OCHOA
Ing. CIVIL
Reg. CIP 65674

Firma del Experto Informante.

Especialidad

ANEXO 05: Ensayo de análisis granulométrico al suelo utilizado para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO : Universidad Cesar Vallejo - Lima Este

TESIS : Diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada utilizando bloques ecológicos BTC en San Juan de Lurigancho, 2018

ENSAYO: Analisis Granulometrico

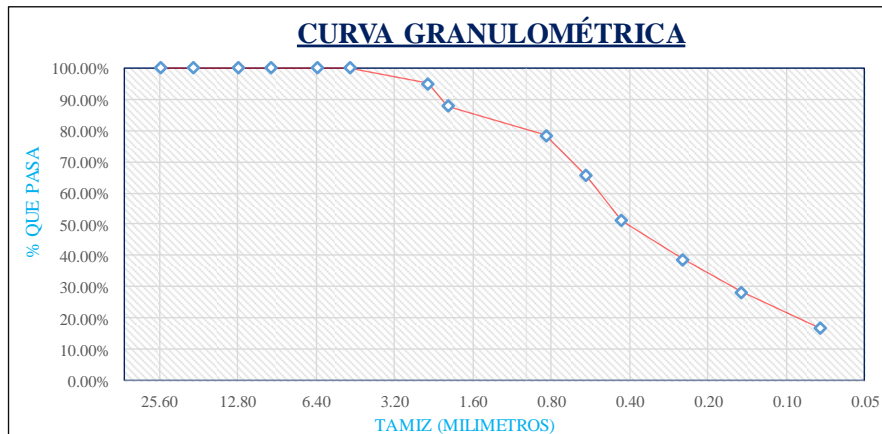
FECHA : 26/10/2018

TESISTAS: Gerson Fredy, Trinidad Reymundo

Robert Maycol, Chombo Prado

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Tamiz	Abertura (mm)	Pesos Retenidos	% Pesos Retenidos	% Retenidos Acumulados	% que Pasa
1"	25.40	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.05	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.70	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.53	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/4"	6.35	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 8	2.38	0.12	4.93%	4.93%	95.07%
N° 10	2.00	0.18	7.21%	12.14%	87.86%
N° 20	0.84	0.24	9.46%	21.59%	78.41%
N° 30	0.59	0.32	12.90%	34.50%	65.50%
N° 40	0.43	0.36	14.42%	48.92%	51.08%
N° 60	0.25	0.31	12.42%	61.34%	38.66%
N° 100	0.15	0.26	10.42%	71.75%	28.25%
N° 200	0.07	0.29	11.42%	83.17%	16.83%
< N° 200		0.42	16.83%	100.00%	0.00%
Peso de la muestra		2.50 kg	100.00%		



ANEXO 06: Determinación de los límites de consistencia del suelo utilizado para la fabricación de ladrillos ecológicos LTC.



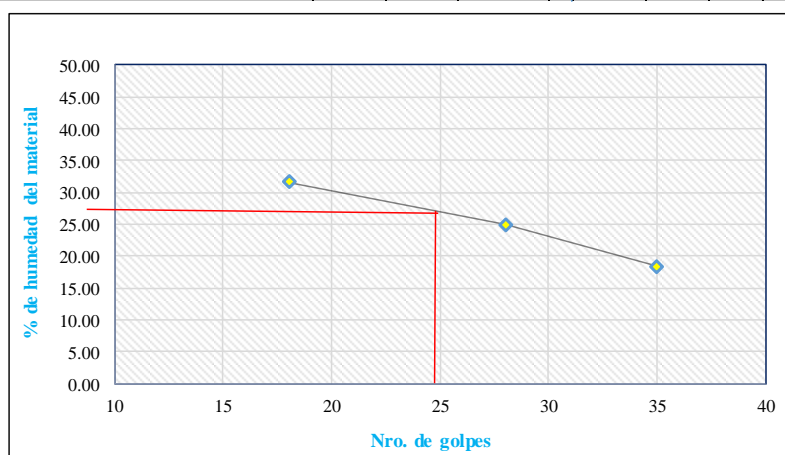
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO : Universidad Cesar Vallejo - Lima Este
TESIS : Diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada utilizando bloques ecológicos BTC en San Juan de Lurigancho, 2018
ENSAYO: Limite líquido y Limite Plástico
FECHA : 26/10/2018
TESISTAS: Gerson Fredy, Trinidad Reymundo
 Roberth Maycol, Chombo Prado

LIMITES DE CONSISTENCIA

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO				
# RECIPIENTE	1	2	3	4	5			
Nro. DE GOLPES	18	28	35	---	---		I	12.90
SUELO HUMEDO	0.051	0.060	0.076	17.50	21.00		III	15.19
MUESTRA SECA	0.039	0.048	0.064	15.50	18.23			
PESO DEL AGUA	0.012	0.012	0.012	2.00	2.77		=	14.05
PESO SUELO SECO	0.039	0.048	0.064	15.50	18.23			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	31.61	25.00	18.44	12.90	15.19			



LIMITE DE PLASTICIDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD
LIMITE LIQUIDO :	28 %
LIMITE PLASTICO :	14 %
INDICE DE PLASTICIDAD :	14 %

ANEXO 07: Fotografías del proceso de realización de límite líquido y límite plástico.



Figura. Aplicación de # de golpes y peso de la muestra húmeda



Figura. Ensayo para límite plástico y peso de la muestra húmeda de 3.2 mm de diámetro

ANEXO 08: Determinación de costo unitario de ladrillo ecológico de tierra comprimida (LTC).

Cantidad de materiales por unidad de ladrillos ecológico

	Ancho	Largo	Alto	Volúmen
Vol. Bruta	12.50	25.00	7.00	2187.50
Vol. Alveolos	6.00	197.92	-	395.84
			Vol. neta	1791.66

Considerando 20% de material adicional por presión de la prensa hidráulica.

Vol neta x 1.20 =	2149.99
--------------------------	----------------

	Tierra	Cemento	Agua
Dosificación	0.75	0.15	0.10
cm3	1612.49	322.50	215.00
m3	0.0016	0.0003	0.0002
bols	-	0.0114	-

Sabemos que

$$\begin{aligned} 1\text{bols cem.} &= 1\text{p3} \\ 0.3048^3 \text{ m3} &= 1\text{p3} \end{aligned}$$

Como se mencionó en los capítulos anteriores por día se puede elaborar alrededor de 1150 a 1250 ladrillos, para fines de obtención del costo unitario del ladrillo LTC asumirá un rendimiento de 1200 ladrillos por día. La mezcladora trabajó por partes, dado que un mezclado nos daba aproximadamente para 130 ladrillos.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS LADRILLO ECOLÓGICO LTC						
PARTIDA	Ladrillo ecológico de tierra comprimida					
Rendimiento:		MO:	1200		EQ:	1200
Unidad:		Und/DÍA		Costo unitario por		Unidad
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	P.U.	PRECIO PARCIAL	TOTAL
Mano de Obra						
Operario	HH	1.00	0.007	21.86	0.15	
Operador equipo	HH	1.25	0.008	17.51	0.15	
					0.29	
Materiales						
Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	Bls		0.0114	19.49	0.22	
Tierra	m3		0.0016	33.00	0.05	
Agua	m3		0.0002	10.00	0.002	
					0.28	
Equipos & Herramientas						
Mezcladora de 9-11p3; 18 HP	hm	0.25	0.002	31.10	0.05	
Prensa hidráulica	hm	1.00	0.007	8.50	0.06	
Herramientas Manuales	%MO		3%	0.29	0.01	
					0.12	
Utilidad 7%			7%	0.69	0.05	0.05
Total por unidad						0.73

ANEXO 09: Comparación de precios por m2 (construcción y acabado de muros con ladrillos convencionales vs ladrillo ecológico LTC).

1) Ladrillos convencionales

Ladrillo	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Volúmen (m3)	Costo por unidad S/.
King Kong 18 huecos	0.125	0.25	0.09	0.0028	0.62

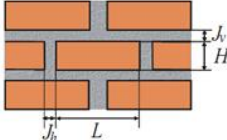
a) Cantidad del ladrillos y mortero por m2

Juntas Horiz. y Vert. =

0.015 m

$$CL = \frac{1}{(L + J_h) \times (H + J_v)}$$

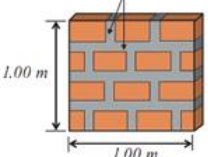
CL = cantidad de ladrillos por m²
 L = longitud de ladrillo (m)
 J_h = espesor junta horizontal (m)
 H = altura del ladrillo (m)
 J_v = espesor junta vertical (m)



Donde:

$$V_{mo} = V_{mu} - V_{la}$$

V_{mo} = volumen de mortero (m³/m²)
 V_{mu} = volumen de muro (m³/m²)
 V_{la} = volumen de ladrillos (m³/m²)



Cantidad Ladrillos = 35.94 Ladrillos x m2
 + 5% de desperdicio = 37.74 Ladrillos x m2

Cantidad de mortero = 0.0189 m3 x m2
 + 5% de desperdicio = 0.0198 m3 x m2

b) Cantidad de materiales por m2

Materiales	Dosificación	Coef. Aport.	Real
Cemento	1	0.50	0.50
Arena	3	0.60	1.80
Agua	16%		0.368
			2.67

=> *Cant. de cemento para* 0.0198 m3

Cemento = 0.01 m3
Cemento = 0.26 bol

=> *Cant. de arena g. para* 0.0198 m3

Arena = 0.02 m3

=> *Cant. de agua para* 0.0198 m3

Agua = 0.00119 m3

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS LADRILLO ECOLÓGICO LTC VS CONVENCIONAL						
PARTIDA		Muros de sogá con ladrillo convencional de sogá C/M 1:3 X 1.5 cm				
Rendimiento:		MO:	9.45		EQ:	9.45
Unidad:		m2/DIA		Costo unitario por		m2
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	P.U.	PRECIO PARCIAL	TOTAL
Mano de Obra						70.45
Capataz	HH	0.10	0.085	20.86	1.77	
Operario	HH	1.00	0.847	21.86	18.51	
peon	HH	0.50	0.423	15.78	6.68	
					26.95	
Materiales						
Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	Bls		0.2622	19.49	5.11	
Arena gruesa	m3		0.0223	66.00	1.47	
Ladrillos KK 18 huecos 12.5x25x9 cm3	m3		37.74	0.62	23.40	
Agua	m3		0.001	10.00	0.012	
					29.99	
Equipos & Herramientas						
Andamios tabla metal tabla de alquiler	día	0.75	0.635	20.00	12.70	
Herramientas Manuales	%MO		3%	26.95	0.81	
					13.51	

2) Ladrillos ecológicos de tierra comprimida (LTC)

Ladrillo	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Volúmen (m3)	Costo por unidad S/.
LTC	0.125	0.25	0.07	0.0022	0.73

a) Cantidad del ladrillos LTC y mortero por m2

Juntas Horiz. y Vert. = 0.0050 m

Cantidad Ladrillos = 52.29 Ladrillos x m2

+ 2% de desperdicio = 53.33 Ladrillos x m2

Cantidad de mortero = 0.0083 m3 x m2

+ 5% de desperdicio = 0.0088 m3 x m2

Es importante aclarar que como se mencionó anteriormente los ladrillos trasladados hacia el laboratorio no presentaron desperdicios, por ello, para el caso de ladrillo ecológico de tierra comprimida sólo consideramos 2% mientras para el ladrillo convencional 5%.

b) Cantidad de materiales por m2

Materiales	Dosificación	Coef. Aport.	Vol. Real
Cemento	1	0.50	0.50
Arena	3	0.60	1.80
Agua	16%	-	0.368
			2.67

=> *Cant. de cemento para* 0.0088 m3

Cemento = 0.0033 m3

Cemento = 0.12 bol

=> *Cant. de arena g. para* 0.0088 m3

Arena = 0.01 m3

=> *Cant. de agua para* 0.0088 m3

Agua = 0.00052 m3

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS LADRILLO ECOLÓGICO LTC VS CONVENCIONAL						
PARTIDA	Muros con ladrillos LTC de Soga C/M 1:3 x 0.5 cm de junta h. y v.					
Rendimiento:		MO:	9.00		EQ:	9.00
Unidad:		m2/DIA		Costo unitario por		m2
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	P.U.	PRECIO PARCIAL	TOTAL
Mano de Obra						83.65
Capataz	HH	0.10	0.089	20.86	1.85	
Operario	HH	1.00	0.889	21.86	19.43	
peon	HH	0.50	0.444	15.78	7.01	
					28.30	
Materiales						
Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	Bls		0.1158	19.49	2.26	
Arena gruesa	m3		0.0098	66.00	0.65	
Ladrillos LTC 12.5x25x7 cm3	m3		53.33	0.73	38.89	
Agua	m3		0.0005	10.00	0.005	
					41.80	
Equipos & Herramientas						
Andamios tabla metal tabla de alquiler	día	0.75	0.635	20.00	12.70	
Herramientas Manuales	%MO		3%	28.30	0.85	
					13.55	

c) Relleno de concreto en los alveolos

El volúmen será vol. Vacio de unidad x cantidad de ladrillos

Vol concreto para alveolos = 0.0207 m3 x m2

Vol concreto con 5% desp.= 0.0217 m3 x m2

Materiales	Dosificación	Coef. Aport.	Vol. Real
Cemento	1	0.50	0.50
Arena	3	0.60	1.80
Agua	16%		0.368
			2.67

=> *Cant. de cemento para* 0.0217 m³

Cemento = 0.0081 m³

Cemento = 0.29 bol

=> *Cant. de arena g. para* 0.0217 m³

Arena = 0.02 m³

=> *Cant. de agua para* 0.0217 m³

Agua = 0.001 m³

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS LADRILLO ECOLÓGICO LTC VS CONVENCIONAL							
PARTIDA		Vaciado de concreto en alveolos de los ladrillos LTC					
Rendimiento:		MO:	40.00		EQ:	40.00	
Unidad:		m2/DIA		Costo unitario por		Unidad	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	P.U.	PRECIO PARCIAL	TOTAL	
Mano de Obra							
Capataz	HH	0.10	0.020	20.86	0.42	14.00	
Operario	HH	1.00	0.200	21.86	4.37		
peon	HH	0.50	0.100	15.78	1.58		
					6.37		
Materiales							
Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	Bls		0.2877	19.49	5.61		
Arena gruesa	m3		0.0244	66.00	1.61		
Agua	m3		0.0013	10.00	0.013		
					7.23		
Equipos & Herramientas							
Mezcladora de Concreto de 9 -11p3; 18 HP	hm	1.00	0.007	32.10	0.21		
Herramientas Manuales	%MO		3%	6.37	0.19		
					0.41		

Como se puede apreciar los muros construidos con Ladrillo ecológicos LTC por m² cuestan alrededor de S/. 83.65 + 14.00 = S/. 97.65, mientras que los ladrillos convencionales S/. 70.45. Por lo que existe una diferencia de S/. 27.20 que podrían utilizarse para el tarrajeo respectivo de los muros construidos con ladrillos convencionales, que de acuerdo a la revista Costos, Setiembre-2018, los precios para el tarrajeo de muros exteriores varían desde S/ 26.03 hasta S/. 32.57.

ANEXO 10: Informe técnico de los ensayos realizados.

01) ABSORCIÓN DE LADRILLOS Y VARIACIÓN DIMENSIONAL.



INFORME TÉCNICO (Página 1 de 3) ENSAYOS DE ALBAÑILERÍA

De acuerdo a la norma peruana E0.70 - Albañilería.



INFORME N° : 013-2018-JMML
INTERESADO(S): CHOMBO PRADO, Roberth
TRINIDAD REYMUNDO, Gerson
FINALIDAD : Tesis de pregrado

1. CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS:

DENOMINACIÓN COMÚN : Ladrillo de Tierra Comprimida
DENOMINACIÓN SEGÚN LA E.070 : Ladrillo Alveolar
TIPO : Sólido
MATERIA PRIMA : Arcilla, Suelo - Cemento
DIMENSIONES DE FÁBRICA : 25cm (largo)*12,5 cm (ancho)*7cm (altura)
PESO APROX. : 3,00 kg

2. TIPO DE ENSAYO : Absorción, Alabeo, Variación Dimensional
MÉTODO DE ENSAYO : NTP 339.613:2017
FECHA : Nov. 2018

ENSAYO DE ABSORCIÓN (NTP 339.613:2017)						
INDICADORES	P. SECO (kg.)	P. SATURADO (kg.)	CONTENIDO DE AGUA (%)	% PROMEDIO	σ estándar	
ABS.	M1	2,976	3,44	15,6%	14,0%	\pm 1,1%
	M2	3,113	3,538	13,7%		
	M3	3,298	3,729	13,1%		
	M4	3,258	3,736	14,7%		
	M5	3,298	3,725	12,9%		

ENSAYO DE ALABEO (NTP 339.613:2017)						
INDICADORES	CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR		RESULTADO	σ estándar
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO		
ALB.	M1	0	0	0	0	0
	M2	0	0	0	0	0
	M3	0	0	0	0	0
	M4	0	0	0	0	0
	M5	0	0	0	0	0

ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL (NTP 339.613:2017)						
INDICADORES	L1	L2	L3	L4	Lo (cm)	
LARGO	M1	24,90	24,92	24,91	24,92	24,91
	M2	27,90	24,92	24,91	24,90	25,66
	M3	24,90	24,91	24,91	24,90	24,91
	M4	24,95	24,94	24,94	24,93	24,94
	M5	25,00	24,98	24,99	24,18	24,79
					Le	25,00
					σ (\pm)	0,35
					V.D.	1,40%

INFORME: Ing. Jesús M. Meza López
GEOTECNIA Y ALBAÑILERÍA

Jesús Manuel Meza López
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 214941

QAQC Express
Av. Leoncio Prado esquina con Jr. Las Balsas -Pícomayo.
qaqcexpress@gmail.com
Contacto: 995 002130

2) ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL Y DENSIDAD DE LADRILLOS.



INFORME TÉCNICO (Página 2 de 3) ENSAYOS DE ALBAÑILERÍA

De acuerdo a la norma peruana E0.70 - Albañilería.



INFORME N° : 013-2018-JMML
INTERESADO(S): CHOMBO PRADO, Roberth
TRINIDAD REYMUNDO, Gerson
FINALIDAD : Tesis de pregrado

2. TIPO DE ENSAYO : Absorción, Alabeo, Variación Dimensional
MÉTODO DE ENSAYO : NTP 399.613:2017
FECHA : Nov. 2018

ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL (NTP 399.613:2017)						
INDICADORES		A1	A2	A3	A4	Ao (cm)
ANCHO	M1	12,55	12,53	12,55	12,51	12,54
	M2	12,53	12,53	12,52	12,53	12,53
	M3	12,55	12,53	12,52	12,55	12,54
	M4	12,55	12,54	12,55	12,54	12,55
	M5	12,54	12,52	12,51	12,58	12,54
					Ae	25,00
					σ (±)	0,01
					V.D.	0.03%

ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL (NTP 399.613:2017)						
INDICADORES		H1	H2	H3	H4	Ho (cm)
ALTURA	M1	7,05	7,00	7,00	7,03	7,02
	M2	7,15	7,15	7,15	7,01	7,12
	M3	7,00	7,00	6,98	6,99	6,99
	M4	6,92	6,96	6,93	6,97	6,95
	M5	6,90	6,90	6,90	6,92	6,91
					He	25,00
					$\sigma (\pm)$	0,08
					V.D.	0,32%

ENSAYO DE DENSIDAD (NTP 399.613:2017)								
INDICADORES		Lo	Ao	A (bruta)	A (neta)	VOLUMEN	PESO	DENSIDAD
		(cm)	(cm)	(cm2)	(cm2)	(cm3)	(gr)	(gr/cm3)
DENSIDAD	M1	24,91	12,54	312,28	255,73	1795,21	2976	1,66
	M2	25,66	12,53	321,42	264,87	1884,58	3113	1,65
	M3	24,91	12,54	312,25	255,70	1787,96	3298	1,84
	M4	24,94	12,55	312,87	256,32	1780,16	3258	1,83
	M5	24,79	12,54	310,77	254,22	1755,41	3298	1,88
						DENSIDAD MÍNIMA:		1,65

INFORME: Ing. Jesús M. Meza López
GEOTÉCNIA Y ALBAÑILERÍA

Jesús Manuel Meza López
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 214941

QAQC Express
Av. Leoncio Prado esquina con Jr. Las Balsas -Pilcomayo.
qaqcexpress@gmail.com
Contacto: 995 002130

3) ENSAYO DE COMPRESIÓN DE UNIDADES SECAS



INFORME TÉCNICO (Página 3 de 3)
ENSAYOS DE ALBAÑILERÍA
De acuerdo a la norma peruana E0.70 - Albañilería.



INFORME N° :013-2018-JMML
INTERESADO(S): CHOMBO PRADO, Roberth
TRINIDAD REYMUNDO, Gerson
FINALIDAD :Tesis de pregrado

1. CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS:

DENOMINACIÓN COMÚN : Ladrillo de Tierra Comprimida
DENOMINACIÓN SEGÚN LA E.070 : Ladrillo Alveolar
TIPO : Sólido
MATERIA PRIMA : Arcilla, Suelo - Cemento
DIMENSIONES DE FÁBRICA : 25cm (largo)*12,5 cm (ancho)*7cm (altura)
PESO APROX. : 3,00 kg

2. TIPO DE ENSAYO : Resistencia a la compresión de unidades (f*b)
MÉTODO DE ENSAYO : NTP 339.613:2017
FECHA : Nov. 2018

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SECA (NTP 339.613:2017)							
INDICADORES		Lo	Ao	A (bruta)	A (neta)	RESULTADO	C
		(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ²)	(kN)	(kg/cm ²)
MUESTRA	M1	24.91	12.54	312.37	255.82	190.96	76.15
	M2	25.66	12.53	321.52	264.97	182.84	70.39
	M3	24.91	12.54	312.37	255.70	181.98	72.57
Cp							73.04
σ (±)							2.91
RESULTADO							70.13

NOTA: La resistencia característica a compresión axial en unidades de albañilería (f*b) se obtiene restando la desviación estándar (σ) al resultado promedio. (RNE,E.070)

INFORME: Ing. Jesús M. Meza López
GEOTÉCNIA Y ALBAÑILERÍA

QAQC Express
Av. Leoncio Prado esquina con Jr. Las Balsas -Pilcomayo.
qaqcexpress@gmail.com
Contacto: 995 002130

Jesús Manuel Meza López
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 214941

4) ENSAYO DE COMPRESIÓN DE UNIDADES HÚMEDAS



INFORME TÉCNICO ENSAYOS DE ALBAÑILERÍA

De acuerdo a la norma peruana E0.70 - Albañilería.



INFORME N°	:013-2018-JMML
INTERESADO(S):	CHOMBO PRADO, Roberth TRINIDAD REYMUNDO, Gerson
FINALIDAD	:Tesis de pregrado
1. CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS:	
DENOMINACIÓN COMÚN	: Ladrillo de Tierra Comprimida
DENOMINACIÓN SEGÚN LA E.070	: Ladrillo Alveolar
TIPO	: Sólido
MATERIA PRIMA	: Arcilla, Suelo - Cemento
DIMENSIONES DE FÁBRICA	: 25cm (largo)*12,5 cm (ancho)*7cm (altura)
PESO APROX.	: 3,00 kg
2.TIPO DE ENSAYO	: Resistencia a la compresión de unidades (f*b)
MÉTODO DE ENSAYO	:NTP 339.613:2017
FECHA	:Nov. 2018

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN HÚMEDA (NTP 399.613:2017)							
INDICADORES		Lo	Ao	A (bruta)	A (neta)	RESULTADO	C
		(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ²)	(kN)	(kg/cm ²)
MUESTRA HUMEDA	M1	24,91	12,54	312,28	255,73	147	58,62
	M2	25,66	12,53	321,42	264,87	131	50,43
	M3	24,91	12,54	312,25	255,70	143	57,03
Cp							55,36
$\sigma (\pm)$							4,34
RESULTADO							51,02

NOTA: La resistencia característica a compresión axial en unidades de albañilería (f*b) se obtiene restando la desviación estandar (σ) al resultado promedio. (RNE,E.070)

INFORME: Ing. Jesús M. Meza López
GEOTÉCNIA Y ALBAÑILERÍA

QAQC Express
Av. Leoncio Prado esquina con Jr. Las Balsas -Pilcomayo.
qaqcexpress@gmail.com
Contacto: 995 002130

 **Jesús Manuel Meza López**
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 214941

5) ENSAYO DE COMPRESIÓN A PILAS DE ALBAÑILERÍA.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA - LABORATORIO DE MATERIALES
INFORME TÉCNICO N° 0011-2018
(Página 1 de 2)

EXPEDIENTE N°	: 0011-2018
SOLICITANTE(S):	- CHOMBO PRADO, Roberth - TRINIDAD REYMUNDO, Gerson
FINALIDAD	: Tesis de pregrado
NOMBRE DE LA TESIS	: "Diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC en San Juan de Lurigancho - 2018"
TIPO DE ENSAYO	: Resistencia a la compresión axial en pilas (f'_m)
MÉTODO DE ENSAYO	: NTP 399.605.2013 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. (Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería)
FECHA DE ELABORACIÓN:	: 20 de Noviembre del 2018.
FECHA DE ENSAYO:	: 04 de Diciembre del 2018.

1. CALCULO DEL FACTOR DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ							
INDICADORES		h	Lo	l	Esbeltez (h/l)	F.C.	F.C. por edad
		(cm)	(cm)	(cm)		por esbeltez	(14 días)
PILA	M1	39,50	24,97	12,53	3,15	0,92	1,10
	M2	39,30	24,95	12,55	3,13	0,92	1,10
	M3	39,50	24,93	12,53	3,15	0,92	1,10

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE LAS PILAS (NTP 399.605.2013)							
INDICADORES		Área	Carga	Carga	F.C.	F.C. por edad	f'_m
		(cm ²)	(KN)	(Kg)		(14 días)	(kg/cm ²)
PILA	M1	312,87	101,48	10348,08	0,92	1,10	30,43
	M2	313,12	124,94	12740,33	0,92	1,10	37,43
	M3	312,37	149,03	15196,83	0,92	1,10	44,76
						Cp	37,54
						σ (±)	7,17
						RESULTADO	30,37

NOTA:

- Los ensayos fueron realizados respetando la normativa de la E.070, que menciona que los ensayos de compresión axial en pilas, se realizaran de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605.2013. (Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería)
- La resistencia característica (f'_m) en pilas y (v'_m) en muretes se obtiene restando la desviación estándar (σ) al resultado promedio.



Manuel Meza López
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 214941



Carlos Gerardo Flores Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP. 69836

6) ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL A MURETES.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERÍA - LABORATORIO DE MATERIALES

INFORME TÉCNICO N° 0011-2018
(Página 2 de 2)

EXPEDIENTE N°	: 0011-2018
SOLICITANTE(S):	- CHOMBO PRADO, Roberth - TRINIDAD REYMUNDO, Gerson
FINALIDAD	: Tesis de pregrado
NOMBRE DE LA TESIS	: "Diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC en San Juan de Lurigancho - 2018"
TIPO DE ENSAYO	: Resistencia a la compresión axial en pilas (f'm)
MÉTODO DE ENSAYO	: NTP 399.621:2004 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. (Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.)
FECHA DE ELABORACIÓN:	: 20 de Noviembre del 2018.
FECHA DE ENSAYO:	: 04 de Diciembre del 2018.

1.DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS					
INDICADORES		Alto	Ancho	t	Diagonal
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
MURETE	M1	45,28	53,12	12,53	69,80
	M2	45,11	52,13	12,55	68,94
	M3	43,17	51,38	12,53	67,11

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES (NTP 399.621:2004)					
INDICADORES		Ad	Carga	Carga	F.C. por edad
		(cm ²)	(KN)	(kg)	(14 días)
MURETE	M1	874,59	51,09	5209,73	1,15
	M2	865,17	41,97	4279,75	1,15
	M3	840,87	44,97	4585,66	1,15
Cp					5,45
σ (t)					0,51
RESULTADO					4,95

NOTA:

- Los ensayos fueron realizados respetando la normativa de la E.070, que menciona que los ensayos de compresión axial en pilas, se realizarán de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.621:2004 (Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.)
- La resistencia característica (f'm) en pilas y (v'm) en muretes se obtiene restando la desviación estándar (σ) al resultado promedio.

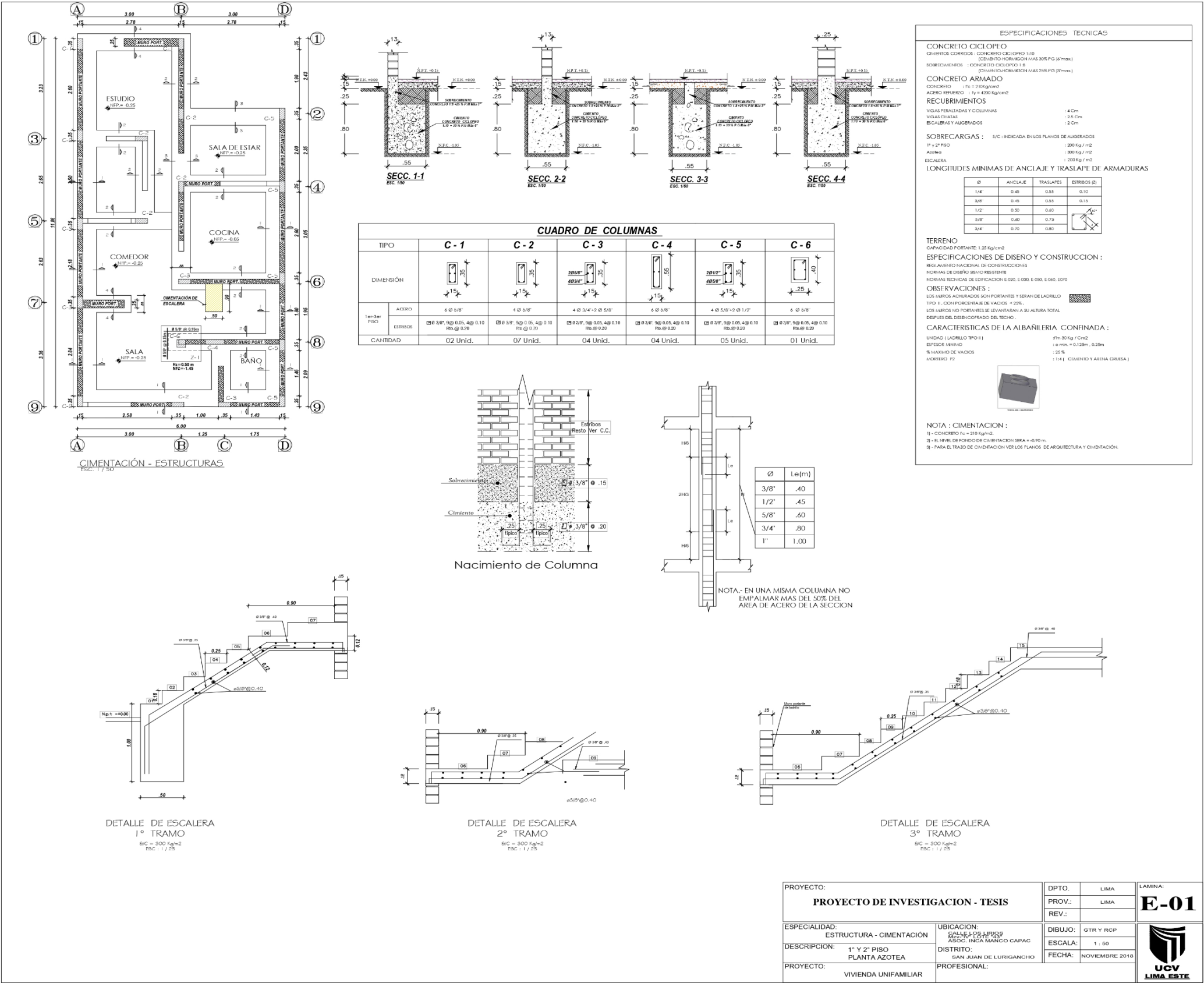


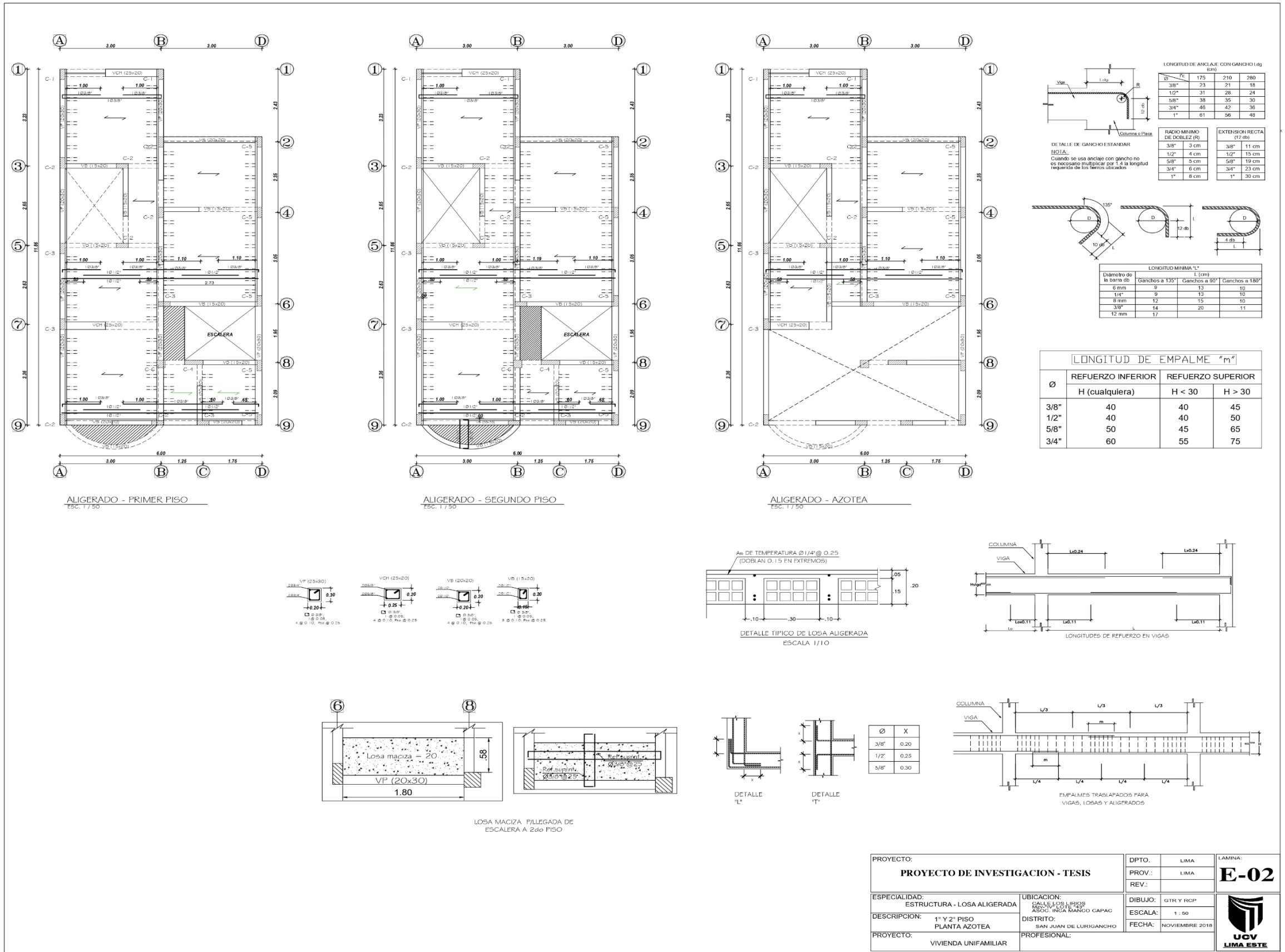
José Manuel Meza López
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 214941



Carlos Gerardo Flores Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP. 89888

ANEXO 11: Plano de estructuras (cimentaciones y aligerado).





ANEXO 12: Fotografías de ensayos



Fig.01 - Ladrillo ecológico de tierra comprimida - LTC

Fig.02 - Traslado del ladrillo ecológico LTC al laboratorio para la realización de los ensayos.



Fig.03 - Humedeciendo los ladrillos para el armado de pilas y muretes.



Fig.04 - Construcción del murete.



Fig.05 - Construcción la pila.



Fig.06 - Ensayo de absorción en unidades.

Fig.07 - Ensayo de
compresión a unidades
de ladrillo ecológico
seco.



Fig.08 - Grietas
verticales en unidades
de albañilería después
del ensayo a
compresión axial de
ladrillos LTC.

Fig.09 - Verificación de
las fallas de los ladrillos
LTC sometidos a
compresión axial.





Fig.10 - Fabricación de
ladrillos ecológicos
LTC.

Fig.11 - Prensa
hidráulica para la
fabricación de unidades
de ladrillo ecológico
LTC.



Fig.12 - Tierra utilizada
para la fabricación de
ladrillos ecológicos
LTC.

Fig.13 - Ensayo a compresión axial en pilas – M3.



Fig.14 - Ensayo a compresión axial en pilas – M2.

Falla por corte grietas verticales que atraviesan el mortero y ladrillo LTC.

Fig.15 - Ensayo a compresión axial en pilas – M1.

Falla por corte grietas verticales que atraviesan el mortero y ladrillo LTC.





Fig.16 - Falla por corte grietas verticales que atraviesan el mortero y ladrillo LTC.

Fig.17 - Falla por corte grietas verticales que atraviesan el mortero y ladrillo LTC, así mismo se observa desprendimiento del ladrillo en la parte inferior de la pila.



Fig.18 - Ensayo de compresión diagonal a muretes.



Fig.19 - Murete 01,
grietas diagonales en el
muro, que atraviesan el
mortero y ladrillo.

Fig. 20 - Murete 02,
grietas diagonales en el
muro, que atraviesan el
mortero y ladrillo LTC,
así también
desprendimiento del
ladrillo por las altos



Fig.21 - Murete 03,
grietas diagonales en el
muro, que atraviesan el
mortero y ladrillo LTC.

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 10-12-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo María Ysabel García Álvarez, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima este, revisor (a) de la tesis titulada "Diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC en San Juan de Lurigancho - 2018" del estudiante Roberth Maycol Chombo Prado constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha 06 Junio 2019



Firma

Dra. María Ysabel García Álvarez

DNI: 21453567

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 10-12-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo María Ysabel García Álvarez, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima este, revisor (a) de la tesis titulada "Diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC en San Juan de Lurigancho - 2018" del estudiante Gerson Fredy Trinidad Reymundo constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha 06 Junio 2019



Firma

Dra. María Ysabel García Álvarez

DNI: 21453567

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Trinidad Fredy Reymundo Gerson, identificado con DNI No 76573329 egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (x) , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC en San Juan de Lurigancho - 2018"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....


FIRMA

DNI: 76573329

FECHA: 10 de diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Chombo Prado Roberth Maycol, identificado con DNI No 71234656 egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (x) , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Diseño estructural de una vivienda con sistema albañilería confinada utilizando ladrillos ecológicos LTC en San Juan de Lurigancho - 2018"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....


FIRMA

DNI: 71234656

FECHA: 10 de diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE ENTREGA DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, DRA. ING. MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ A LA RECEPCIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN SOLICITADA PARA LA ENTREGA DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

ROBERTH MAYCOL CHOMBO PRADO

INFORME TÍTULADO:

DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA CON SISTEMA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA UTILIZANDO LADRILLOS ECOLÓGICOS LTC EN SAN JUAN DE LURIGANCHO - 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: San Juan de Lurigancho, 10 de diciembre del 2018

NOTA O MENCIÓN: 12 (Doce)



DRA. MARÍA YSABEL GARCÍA ÁLVAREZ



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE ENTREGA DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL, DRA. ING. MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ A LA RECEPCIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN SOLICITADA PARA LA ENTREGA DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

GERSON FREDY TRINIDAD REYMUNDO

INFORME TÍTULADO:

DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA CON SISTEMA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA UTILIZANDO LADRILLOS ECOLÓGICOS LTC EN SAN JUAN DE LURIGANCHO - 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: San Juan de Lurigancho, 10 de diciembre del 2018

NOTA O MENCIÓN: 12 (Doce)



9.00

DRA. MARÍA YSABEL GARCÍA ÁLVAREZ